

Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie
Direktorin: Prof. Dr. med. dent. Habil. R. Grabowski
An der Klinik und den Polikliniken für Zahn-, Mund-, und Kieferheilkunde
der Medizinischen Fakultät
der Universität Rostock

**Langzeitergebnisse bei Progeniepatienten nach kieferorthopädischer Frühbehandlung
mit dem Funktionsregler Typ III nach Fränkel -
Eine Auswertung mit Hilfe der Kephalometrie und der Tensoranalyse
unter besonderer Berücksichtigung des vertikalen Gesichtsschädelaufbaus**

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung des akademischen Grades
doctor medicinae dentariae
(Dr. med. dent.)
der
Medizinischen Fakultät
der
Universität Rostock

vorgelegt von
Mohamed Nasef
Rostock, 2008

Gutachter: Frau Prof. Dr. Rosemarie Grabowski

Gutachter: Herr Prof. Dr. Christopher Lux

Gutachter: Herr PD. Dr. Dr. Bassam Saka

Tag der Verteidigung: 05.05.2009

INHALTSVERZEICHNIS

Inhalt	Seite
1. Einleitung und Zielstellung	3
2. Literatur	6
2.1. Ätiologie der Progenie	6
2.2. Klinische Merkmale einer progenen Entwicklung	7
2.3. Möglichkeiten und Grenzen der kephalometrischen Analyse	9
2.4. Die Tensoranalyse	12
2.4.1. Einführung in die Tensoranalyse	12
2.4.2. Die Bedeutung der Tensoranalyse unter diagnostischen Aspekten	13
2.5. Prinzipien der Behandlung mit dem Funktionsregler	14
3. Eigene Untersuchungen	17
3.1. Patienten	17
3.2. Untersuchungsmethode	19
3.2.1. Messpunkte, Strecken und Winkel der Kephalmetrie	19
3.2.2. Durchführung und Darstellung der Tensoranalyse	24
3.2.3. Die Messpunkte der Tensoranalyse und Definition der Dreiecke	28
3.2.4. Datenverarbeitung und Statistik	29
4. Ergebnisse	31
4.1. Einteilung der Untersuchungsgruppe	31
4.2. Ergebnisse der Kephalmetrie	31
4.2.1. Vergleich der Progeniegruppen untereinander und mit der Kontrollgruppe	33
4.2.1.1. Vertikale Analyse 1. Untersuchung	33
4.2.1.2. Vertikale Analyse 2. Untersuchung	33
4.2.1.3. Vertikale Analyse 3. Untersuchung	34
4.2.1.4. Sagittale Analyse 1. Untersuchung	39
4.2.1.5. Sagittale Analyse 2. Untersuchung	40
4.2.1.6. Sagittale Analyse 3. Untersuchung	41
4.2.1.7. Metrische Analyse 1. Untersuchung	45
4.2.1.8. Metrische Analyse 2. Untersuchung	45
4.2.1.9. Metrische Analyse 3. Untersuchung	46

4.2.1.10.	Dentale Analyse 1. Untersuchung	49
4.2.1.11.	Dentale Analyse 2. Untersuchung	50
4.2.1.12.	Dentale Analyse 3. Untersuchung	51
4.2.2.	Bewertung des Behandlungserfolges (Längsschnittuntersuchung) nach der Kephalometrie	55
4.2.2.1.	Vertikale Analyse	55
4.2.2.2.	Sagittale Analyse	59
4.2.2.3.	Metrische Analyse	62
4.2.2.4.	Dentale Analyse	64
4.3.	Ergebnisse der Tensoranalyse	66
4.3.1.	Ergebnisse der Tensoranalyse für das Dreieck S.N.A	66
4.3.2.	Ergebnisse der Tensoranalyse für das Dreieck S.Spp.A	70
4.3.3.	Ergebnisse der Tensoranalyse für das Dreieck S.Spp.Ba	73
4.3.4.	Ergebnisse der Tensoranalyse für das Dreieck Ar.Go.Me	76
4.3.5.	Ergebnisse der Tensoranalyse für das Dreieck Ar.Spp.Go	79
4.3.6.	Ergebnisse der Tensoranalyse für das Dreieck Spp.A.B	82
5.	Diskussion	85
6.	Zusammenfassung	100
7.	Literaturverzeichnis	104
Anhang		
Thesen		

1. Einleitung und Zielstellung

Unter dem Begriff Progenie ist ein sagittales Missverhältnis zwischen den Kieferbasen zu verstehen, das einen unteren Frontzahnvorbiss zur Folge hat. Dieses Anomalienbild zeichnet sich durch eine sehr große Variationsbreite aus, die von einer dentalen Kompensation ohne anterioren Frontzahnvorbiss bis zum vollständigen sagittalen und transversalen Übergreifen des Unterkiefers über den Oberkiefer reicht (**Harzer** 1999).

Bimler (1952) hat die unterschiedlichen Erscheinungsbilder dieser Anomalie unter dem Begriff „Progener Formenkreis“ zusammengefasst. Dazu rechnet er die progene Verzahnung, den progenen Zwangsbiss, die echte und die unechte Progenie.

Der unbehandelte progene Zwangsbiss kann sich ausnahmsweise in späteren Wachstumsphasen zu einer echten bzw. unechten Progenie entwickeln.

Charakteristisch für die echte und unechte Progenie ist ihr skelettaler Hintergrund. Überwiegt die mangelhafte Entwicklung der Maxilla ist auch heute der Begriff unechte Progenie gebräuchlich, während ein verstärktes Unterkieferwachstum immer noch als echte Progenie bezeichnet wird.

Ein falscher Überbiss von ein bis zwei Schneidezahnpaaren, die progene Verzahnung einzelner Zähne, wird von **Klink-Heckmann** wegen der völlig unterschiedlichen Ätiologie und Genese nicht mehr unter dem übergeordneten Leitsymptom „unterer Frontzahnvorbiss“ geführt.

Das Vorkommen der Progenie wurde unterschiedlich beschrieben. Während **Rottenberg** und **Lodter** (1997) ein Vorkommen von 4,16 % in der Bevölkerung feststellten, waren es in den Untersuchungen von **Klink-Heckmann** (1990) nur 1,3 %. **Grabowski** und **Fischer** (1997) und **Grabowski** und **Stahl** (2007) ermittelten an Kindern im Alter von 4,7 Jahren einen unteren Frontzahnvorbiss von 2 %. **Dacosta** (1999) fand eine Prävalenz von 2 % in Schulkindern in Nigeria. Wenn auch regionale Unterschiede vorliegen, ist die mesiale Okklusion im Sinne der Angle Klasse III bei allen Autoren wesentlich seltener anzutreffen, als die distale als Angle Klasse II.

Sanborn (1955), **Sato** et al. (2005) und **Nanda** et al. (2005) betrachten die Progenie als ein vorwiegend vertikales Problem. Die fehlende anteriore Rotation des Unterkiefers und die damit verbundene Abflachung der Okklusionsebene betrachten sie als Schlüsselfaktoren für die Entstehung dieser Anomalie.

Die anteriore Rotation des Unterkiefers im Laufe des Wachstums wird von **Björk** und **Skieller** (1972) als eine regelrechte Entwicklung betrachtet.

Die für die Lagebeziehung der beiden Kiefer zu einander sehr wichtige anteriore Rotation des Unterkiefers beeinflusst:

1. die vertikale Position des Unterkiefers zum Oberkiefer (**Isaacson** et al., 1971).
2. die sagittale Position der Mandibula im Verhältnis zur Maxilla (**Schudy**, 1964; **Creekmore**, 1967).
3. die Inklination der Zähne.

Die Bewertung einer Progenie hat bisher auf den unterschiedlichen vertikalen Gesichtsschädelaufbau verzichtet. Die vorliegende Studie will gerade diesem Problem nachgehen.

Bei Anomalien der Angle Klasse II bestehen bezüglich Ätiologie und Genese aber auch für die kieferorthopädische Therapie grundsätzlich unterschiedliche Bedingungen in Abhängigkeit vom vertikalen Gesichtsschädelaufbau.

Auch wenn in der Literatur für die Progenie so genannte Kardinalsymptome formuliert werden, wie ein großer Basis- oder Grundebenenwinkel und großer Kieferwinkel, kann damit allein dem unterschiedlichen Charakter vor allem des Unterkieferwachstums allein nicht Rechnung getragen werden. Deshalb soll geprüft werden, ob es möglich ist, durch fernröntgenologische Untersuchungsmethoden Parameter zu finden, die auch bei der Progenie eine Differenzierung in Abhängigkeit vom vertikalen Gesichtsschädelaufbau ermöglichen.

Darüber hinaus gilt es, den Einfluss von Frühbehandlungsmaßnahmen bei unterschiedlichem vertikalem und sagittalem Wachstum des Unterkiefers zu kontrollieren und schließlich auch über die Therapie hinausreichendes Wachstum zu prüfen. Das heißt, die Nachhaltigkeit früher kieferorthopädischer Therapie zu kontrollieren.

Die Zielstellung der Arbeit wird durch folgende Aufgaben formuliert:

1. Ist es möglich Progeniepatienten nach ihrem vertikalen Gesichtsschädelaufbau zu differieren?
2. Gibt es eine unterschiedliche Reaktionsweise auf die Behandlung mit dem Funktionsregler Typ III, in Abhängigkeit vom vertikalen Gesichtsschädelaufbau der Progeniepatienten?
3. Wie verläuft das Wachstum nach Beendigung der kieferorthopädischen Therapie?
4. Prüfung der Zuverlässigkeit einer alternativen Analyse „Rostocker Tensor Analyse (ROTA)“, gegenüber der metrischen Kephalometrie bezüglich der Aufgabestellungen 1 bis 3.
5. Zusammenfassende Erfolgsbewertung der Behandlung der skelettalen Klasse III mittels Funktionsregler Typ III im Vergleich von Kephalometrie und Tensoranalyse.

2. Literatur

2.1. Ätiologie der Progenie

Die Ätiologie der Progenie ist seit jeher umstritten. Während einige Autoren die Vererbung als ätiologischen Faktor nicht gelten lassen (**Angle** 1908), (**Korkhaus** 1932), (**Schopf** 1971), fanden andere (**Litton** et al. 1970, **Nakasima** et al. 1982, und **Stiles** und **Luke** 1953), dass eine familiäre Disposition bei der Progenie besteht.

Schulze und **Wiese** (1965) bezeichneten die Progenie, wie alle anderen Anomalien, als eine multifaktorielle Anomalie. Die Funktion ist für die Entstehung und Behandlung der Progenie von großer Bedeutung. Fehlfunktionen der Zunge, Wange und Lippen können zu einer Klasse-III-Dysgnathie führen (**Tränkmann** und **Rixe** 1995). Die labiolinguale Peristase der Zunge ist nach **Fränkel R.** und **Fränkel C.** (1989) für die progeniespezifische Zahnstellung verantwortlich. Dabei spielt auch die genotypische Veranlagung der Kaumuskulatur eine wesentliche Rolle. Die Funktion der orofazialen Muskulatur übt durch die mechanische Beanspruchung der Knochenstruktur einen großen Einfluss auf das Unterkieferwachstum aus (**Hausser** 1971, **Weise** 1963, **Goret-Nicaise** 1981, **Striegel** 1996).

Die Größe der Zunge als Ursache für die Progenieentwicklung wurde von **Klink-Heckmann** (1990) und **Schopf** (1980) als höchst umstritten bezeichnet.

Eine Haltungsschwäche der zirkumoralen Weichteilkapsel wird von **Fränkel R.** und **Fränkel C.** (2001) als Hauptursache der meisten Zahn- und Kieferfehlstellungen, einschließlich der Progenie angenommen. Sie bezeichneten den Ruheweichteildruck als wichtigen Faktor für die Entwicklung unterschiedlicher Anomalien.

Für **Schulze** (1979) und **Hausser** (1956) sind die äußeren Einflüsse nur Folge und nicht Ursache der Progenie.

Die Frage, in welchem Verhältnis die Faktoren Erbanlage und Funktion auf das Wachstum nach dem Abschluss der Embryonalentwicklung zueinander stehen, ist derzeit unbeantwortet. Nach **Schmuth** (1972) und **Petrovic** und **Stutzmann** (1980) handelt sich um ein permanentes Ineinandergreifen von Erb- und Umweltfaktoren.

Es ist vorstellbar, dass auch die so genannten äußeren Einflüsse im Sinne von Funktion und Fehlfunktion anlagebedingte Ursachen haben.

2.2. Klinische Merkmale einer progenen Entwicklung

Die Diagnostik einer Progenie kann sowohl klinisch als auch mittels Fernröntgenbildes erfolgen (**Wilhelm-Nold, Droschl** 1990).

In der Literatur wird zur Beurteilung der Progenie eine Vielzahl von Kriterien herangezogen. Sie werden als Kardinalsymptome bezeichnet. Zu ihnen gehören Mesialverzahnung, konkaves Profil, positive Lippentreppe, vergrößerte untere Gesichtshöhe, vergrößerte absolute Unterkieferlänge und Hyperplasie der unteren apikalen Basis, verkürzte Schädelbasislänge, sowie negative Werte von ANB und WITS-Wert (**Arvystas** 1977) (**Benauwt** 1978) (**Rottstahl** 1961) (**Schulze** 1982).

Außerdem haben **Dausch-Neumann** (1959), **Korkhaus** (1957) und **Klink-Heckmann** (1990) einen großen Prämolarenkeimabstand im Unterkiefer, regelwidrige Lücken vor und zwischen den Milchmolaren, einen frühzeitigen Durchbruch der Zähne im Unterkiefer im Verhältnis zum Oberkiefer und einen abgeflachten Kieferwinkel beschrieben.

Die Diagnose einer skelettalen Klasse-III-Entwicklung kann durch eine dentale Kompensation erschwert werden.

Eine Progenie ist nicht nur mit einer Angle Klasse III Okklusion verbunden. Es kann auch ein Neutralbiss vorliegen (**Schulze und Wiese** 1965; **Schulze** 1979; **Tammoscheit** 1990). Ein kompensiertes Progeniesymptom manifestiert sich durch eine Vergrößerung der oberen Zahnbogenlänge bzw. eine Protrusion der oberen Schneidezähne verbunden mit einer Retrusion der unteren Schneidezähne. Eine negative Fronzahnstufe muss also nicht auftreten (**Segner und Hasund** 1991). Kardinalsymptome liegen nicht immer vor. Sie sind bestenfalls für „ausgewachsene“ Anomalien zutreffend.

Transversal kann sich eine Progenie durch einen in dieser Dimension überentwickelten Unterkiefer mit einem Kreuzbiss manifestieren, der ein- bzw. beidseitig auftreten kann. In ausgeprägten Fällen ist mit dem unteren Frontzahnvorbiss ein so genannter zirkulärer Kreuzbiss vorhanden (**Tammoscheit** 1990) (**Schulze** 1979). Eine symptomatische Vielfalt gilt auch für die vertikalen Okklusionsbeziehungen im Frontzahnggebiet. In Abhängigkeit vom Wachstumsmuster kann die Progenie mit einem offenen Biss bzw. einem umgekehrten tiefen Biss vergesellschaftet sein, wie es der Fall bei Progenien mit horizontalem Entwicklungscharakter sein kann.

Ein offener Biss kann sich erst im Verlaufe der Entwicklung, mitunter während der kieferorthopädischen Behandlung entwickeln. (**Müller** 1964).

Zusammenfassend kann Tammoscheit's Formulierung gefolgt werden: „gerade bei Progenikern kann man durch unbedachte Behandlungsmaßnahmen einen funktionell kompensierten Zustand bei selbst nur noch minimaler autonomer Wachstumspotenz in eine progressive Wachstumsphase überführen, die dann konservativ nicht mehr zu beherrschen ist. Daher dürfen diese Befunde in ihrer Bedeutung für die Mikrosymptomatologie der Progenie nicht übersehen werden“.

So ist die Progenie durch ein sehr heterogenes klinisches Erscheinungsbild gekennzeichnet, welches sich ganz verschieden und sogar widersprüchlich äußert.

2.3. Möglichkeiten und Grenzen der Kephalometrischen Analyse

Seit der Entwicklung des Fernröntgenseitenbildes (FRS) wurde eine große Anzahl von Analysen entwickelt. Je nach wissenschaftlichem Erkenntnisstand geben sie auf bestimmte Fragestellungen eine Antwort, wie auf die Prognose von Wachstumsvorgängen, die Lokalisation von Fehlbildungen und ihrem therapeutischen Ansatz.

Es gibt über 100 Analysemethoden, die nahezu ausnahmslos nach den Kriterien des metrisch erfassbaren strukturiert sind.

Rakosi (1988) differenziert die Analysen nach drei Klassifizierungen:

1. Die methodologische Klassifizierung unterscheidet zwischen den angulären und linearen Analysen. In der einen sind die Winkelgrade die Grundeinheiten, in der anderen wird das Gesichtsskelett durch das Messen bestimmter linearer Dimensionen analysiert.

2. Die normative Klassifizierung:

Die Analysen können in mononormativen, multinormativen und korrelativen Analysen klassifiziert werden. Die multinormativen Analysen haben eine ganze Serie von Normwerten, welche nach Alter und Geschlecht geordnet sind. Mit den korrelativen Analysen werden die einzelnen Varianten der fazialen Strukturen untersucht und diese nach ihren gegenseitigen Beziehungen bewertet.

3. Die Klassifizierung nach dem Untersuchungsobjekt:

Darunter sind die dento-skelettalen, die Weichteil- und die Funktionsanalysen zu verstehen.

Mit den klassischen heute gebräuchlichen Kephalometrischen Analysen wird versucht, das kraniofaziale Wachstumsmuster durch Ermittlung der angulären und linearen Beziehungen bestimmter, klar definierter skelettaler Strukturen festzulegen (**Moyers** und **Bookstein** 1979). Bei den am häufigsten angewandten Analysemethoden werden Referenzpunkte und -ebenen definiert und eine Reihe von Einzelmesswerten mit Mittelwerten verglichen, um die für die Entstehung einer Malokklusion relevanten Regionen auf ein übermäßiges oder zu geringes Wachstum hin zu untersuchen. Das Fehlen eines Zusammenhangs zwischen den einzelnen Werten macht es schwieriger, die diagnostische Bedeutung eines einzelnen Faktors richtig einzuschätzen und die Individualität jedes Patienten zu verstehen. Außerdem beziehen sich die meisten Analysemethoden auf einen „Durchschnittsnorm“ (**Segner** und **Hasund** 1998)

Typisch für die metrische Kephalometrie ist, dass alle angulären und linearen Messungen miteinander in Beziehung gesetzt werden. Dadurch entsteht keine eigenständige Anordnung der Referenzpunkte im Raum. **Segner** und **Hasund** (1998) begründen es damit, dass jedes Teil des Gesichtsschädels als eigenständige Einheit wirkt, ohne dass die Teile in ein gemeinsames Muster einzuordnen und so die Beziehungen der Teile zueinander zu definieren sind. Die einzelnen Komponenten des Gesichtsschädels können nicht von einander getrennt betrachtet werden, und eine solche Analyse ist zur Darstellung des kraniofazialen Wachstumsmusters nur bedingt zu gebrauchen.

Seit den ersten Kephalometrischen Untersuchungen von **Broadbent** (1948) und **Brodie** (1940, 1941, 1946) beruhte die Kephalometrische Analyse auf dem Konzept, dass das Gesicht von der Schädelbasis aus entlang der Y-Achse (Gesichtsachse) nach vorne und unten wächst. Strukturen in der vorderen Schädelbasis dienten als Referenzpunkte zur Projektion einer Serie von Kephalometrischen Durchzeichnungen zur Demonstration der wachstumsbedingten Veränderungen.

Bookstein (1982) und andere Autoren stellen die Aussagekraft dieser konventionellen Überlagerungstechniken in Frage. Dabei werden ein konstanter Punkt und eine bezüglich der Rotation konstante Richtung angenommen. Damit wird ein künstliches Koordinatensystem als Bezug konstruiert, das dem komplexen Geschehen des kraniofazialen Wachstums nicht gerecht wird (**Fine** und **Lavelle** 1992). Wird beispielsweise der Mittelpunkt der Sella als Zentrum der Überlagerung und damit als Zentrum des künstlichen Koordinatensystems gewählt, so wird eine nicht vorhandene morphologische Konstanz der Fossa hypophysialis angenommen (**Latham** 1972).

Es wird dementsprechend willkürlich festgelegt, dass an diesem Punkt keinerlei Wachstum und Re-Modellierungsprozesse stattfinden und sich alle anderen Punkte des Fernröntgenbildes wachstumsbedingt von diesem angenommen stabilen Zentrum wegbewegen. Die Änderung eines Winkels kann auf Grund einer Verschiebung aller drei ihn definierenden Punkte bedingt sein.

Dabei ist es in der klassischen Kephalometrie nicht zweifelsfrei erkennbar, welche dieser Punkte, zur Größenänderung des Winkels beigetragen haben. Auch sind translative Umgestaltungen einer Region nicht mittels einer Winkelgröße zu erfassen (**Riedel** 1952) (**Panagiosidis** 1977).

Zum Beispiel sind bei der korrekten Interpretation des Winkels ANB die Veränderungen des Nasions und die Unterkieferrotation im Kontext zu sehen, was die Aussagekraft dieses häufig für die sagittale intermaxilläre Beziehung genutzten Winkels stark einschränkt. Von daher sehen **Ngan** et al. (1993) analytische Vorteile in der Unabhängigkeit von einem Bezugssystem.

Eine eindeutige Klärung, welche lokalen Wachstumsvorgänge sich im Verlauf der Behandlungs- und Beobachtungszeit abspielen, ist mit den herkömmlichen Analysemethoden auf Grund der Individualität und der daraus resultierenden Variationen, denen die Referenzstrukturen ausgesetzt sind, nicht oder nahezu unmöglich (**Järvinen** 1987).

2.4. Die Tensoranalyse

2.4.1. Einführung in die Tensoranalyse

Die von **Bookstein** (1982) entwickelte und von **McNamara et al.** (1985) und **Järvinen** (1984; 1987; 1989) für die Anwendung in der Kieferorthopädie empfohlene Tensoranalyse arbeitet mit dimensionslosen Verhältniszahlen. Dieses Verfahren beruht mathematisch auf den Grundlagen der Geometrie der Ebene (**Bookstein** 1982; **Kerr** und **Ten Have** 1988).

Die Fernröntgenseitenbildaufnahme des Schädels wird dabei in beliebige Dreiecke aufgeteilt, wobei deren Ecken bekannten anatomischen oder konstruierten Messpunkten entsprechen sollten. Alle Punkte werden, im Gegensatz zu anderen Methoden als veränderlich angenommen (**Moyers** und **Bookstein** 1979).

Da nur der Vergleich zwischen den Fernröntgenbildern eine individuelle Verlaufsbetrachtung von Veränderungen und deren Berechnung ermöglicht, werden für die Tensoranalyse 2 Röntgenbilder benötigt. Die Lokalisation und Anzahl der Messpunkte kann beliebig je nach Aufgabenstellung gewählt werden. Innerhalb dieser Dreiecke lassen sich Aussagen zu wachstums- und entwicklungsbedingten Veränderungen ohne Bezug auf andere Bereiche machen. Aus den Dilatationen in den Dreiecken lassen sich Vielecke zusammensetzen. Der Untersucher gewinnt so einen Überblick über regionale Veränderungen.

Nach **Bookstein** (1982) eignet sich die Tensoranalyse besonders für die Beurteilung von Richtung und Ausmaß einer Normveränderung während des Gesichtsschädelwachstums.

„Wollte man den Wachstumstyp optional fassen, müßte man in einer longitudinalen Betrachtung die Wachstumsveränderungen beschreiben, d.h. angeben, in welche Richtung sich Ober- und Unterkiefer im Gesamtgesichtsschädelaufbau verschieben“ (Vahlenkamp und Sergel 1990). Dazu ist es notwendig ein Paar von Fernröntgenseitbildern zu bewerten, da die individuelle Diagnostik nur eines Fernröntgenseitbildes nur tendenziellen Vorhersagewert besitzt. Die Tensoranalyse besitzt gegenüber anderen gebräuchlichen kephalometrischen Analysen zwei Vorteile:

1. Jede Veränderung kann in derselben Region beschrieben und gemessen werden, in der sie stattgefunden hat.

2. Auf Grund der relativen Länge der Tensoren verliert eine Skala auf der Zeichnung ihre Bedeutung, wodurch eine beliebige Vergrößerung von Teilen der kephalometrischen Zeichnung möglich wird.

2.4.2. Die Bedeutung der Tensoranalyse unter diagnostischen Aspekten

Die Tensoranalyse kann sowohl der Beschreibung von skelettalen und dentalen Veränderungen während des Behandlungsverlaufes als auch der Diagnostik und der Beurteilung des Behandlungsergebnisses genutzt werden. **McNamara** (1985) nutzte diese Analysemethode für klinische Untersuchungen, um Erfolge der kieferorthopädischen Behandlung darzustellen. **Grayson** et al. (1985) erweiterten den Anwendungsbereich der Tensoranalyse, indem sie unregelmäßige Formen der Schädelbasis der Patienten mit Entwicklungsstörungen beschrieben und mit normalen Formen verglichen.

Järvinen stellte 1989 eine weitere Anwendung der Tensoranalyse vor, um damit verschiedene Formen der Dysgnathien zu diagnostizieren. Hier wird vom Autor ein Modell zur Beschreibung der sagittalen Verhältnisse zwischen den apikalen Basen des Ober- und Unterkiefers erläutert. Dabei werden auch die Vorteile des Vorgangs gegenüber der Bestimmung des ANB-Winkels (**Riedel** 1952) und des Wits-Wertes (**Jacobson** 1975) belegt. Voraussetzungen für die Anwendung der Tensoranalyse in der Diagnostik sind:

1. Alle röntgenkephalometrischen Punkte müssen definierbar sein.

2. Die Dreiecke im Fernröntgenbild eines Patienten/Probanden werden mit analogen Dreiecken eines theoretischen Modells verglichen. Dieses Modell kann unter Zuhilfenahme geeigneter Durchschnittswerte erstellt werden. Zwei analoge Dreiecke werden übereinander gelegt und die in den Dreiecken gelegenen Tensoren miteinander verglichen. Dabei ist ausschließlich die Relativität der Veränderung von Interesse.

Das Modell könnte auch ein Proband (oder eine Probandengruppe) mit regelrechter Gebissentwicklung gleichen Alters und Geschlechts sein. Solche Modelle lagen bisher nicht vor. Gegenwärtig wurden solche Modelle aus der Rostocker Längsschnittstudie von **Klink-Heckmann** durch die Arbeiten von **Stahl** (2007) erarbeitet.

2.5. Prinzipien der Behandlung mit dem Funktionsregler

Die postnatale Gesichtsentwicklung wird von exo- und endogenen Faktoren bestimmt. Diese können auch zu morphologischen und funktionellen Veränderungen in der Muskulatur führen und den dento-skelettalen Bereich im Sinne einer eugnathen oder dysgnathen Entwicklung beeinflussen. Mit dem Funktionsregler wird versucht, durch ein gezieltes Training der Muskulatur Dysgnathien zu behandeln und einer Fehlentwicklung von Gebiss und Gesichtsskelett entgegen zu wirken (**Gedrange und Harzer 2004**)

Nach **Fränkel** (1989) stehen die verschiedenen skelettalen Fehlentwicklungen, aber insbesondere die skelettale Klasse III, im Zusammenhang mit gestörten Haltungsfunktionen der Muskulatur. Von daher sieht er die Hauptaufgabe der kieferorthopädischen Therapie in der Wiederherstellung des muskulären Gleichgewichts und der daraus resultierenden physiologischen Raumbedingungen. Das erste Ziel des Funktionsreglers ist es, ein physiologisches Gleichgewicht im gesamten stomatognathischen System mit Skelett, Muskeln, Dentition zu erreichen (**Owen 1988**)

1966 entwickelte Fränkel den Funktionsregler Typ III (FR III). Er erklärte, dass die Hauptursache einer Zahnfehlstellung die schlechte gewohnheitsmäßige Haltung sowie die dadurch veränderte Aktivität der orofazialen Muskulatur ist. Es unterstreicht die Wichtigkeit, Kiefer und Dentition zu einer normalen Entwicklung durch Veränderung und Kontrolle der muskulären Umgebung zu führen. (**Graber, Rakosi, Petrovic 1997**)

Der Funktionsregler Typ III ist als ein kieferorthopädisches Trainingsgerät konzipiert. Die im Oberkiefer abstehenden Vestibulärschilde bieten einerseits eine Abschirmfunktion gegen die äußeren Weichteile, andererseits lösen sie eine erzwungene Gymnastik und einen physiotherapeutischen Effekt aus.

Eine Nachentwicklung in der apikalen Basis entsteht durch die Zugspannung, die durch abstehende Lippenpelotten und Bukkalschilde ausgelöst wird. (**Mühlberg, Schröter und Zill 1968**)

Die Konstruktion des Funktionsreglers ist „mundgerecht“, da der enorale Raum frei bleibt. So kann der Funktionsregler mit jedem Schlucken, Sprechen und mit allen mimischen Funktionen als Übungsgerät wirken und die Bewegungsfunktionen der gesamten orofazialen Muskulatur beeinflussen. Er lässt den intraoralen Raum frei, der der Zunge gehört (**Fränkel 1989**).

Obwohl verschiedene Theorien entwickelt wurden, um den Mechanismus des Zahndurchbruchs zu erklären, muss doch die mechanische Resistenz der Umgebung als ein Richtungseinfluss für die Bewegung in Erwägung gezogen werden.

Nach **Fränkel** (1969) spielen die entwicklungsbedingte Keimlage und die axiale Achsenneigung eines Zahnes innerhalb des Alveolarknochens eine wichtige Rolle beim Bestimmen der Durchbruchrichtung. Die Zähne brechen klinisch durch einen Kanal durch, der sich zwischen Zunge, Lippen und Wangen befindet. Diese Gewebestrukturen spielen eine wichtige Rolle, indem sie die labiolinguale und bukkolinguale Stellung der Zähne festlegen. Während des Durchbruchs bedeckt eine dünne knöcherne Schicht vestibulär den durchbrechenden Zahn. (**Fränkel R**, 1966; **Fränkel R**, 1969)

Fränkel erklärte, dass die Entwicklung der dentoalveolären Strukturen und der apikalen Basis beim Einsatz des Funktionsreglers beeinflusst werden kann. Durch Erweiterung der Weichteilkapsel ist der dentoalveoläre Komplex nicht mehr der zurückhaltenden Kraft des perioralen Muskelbandes ausgesetzt. Gleichzeitig wird eine Kraft auf die linguale Alveolaroberfläche durch die Bewegung der Zunge ausgeübt (**Fränkel R**, 1966; **Fränkel R**, 1969).

An der apikalen Basis wirkt gleichzeitig die Zugspannung, die von den abstehenden Wangenschildern ausgeübt wird. Dies führt zu einer transversalen Erweiterung in diesem Bereich. Die permanenten Zähne werden so in einer mehr bukkalen Richtung durchbrechen. (**Fränkel R**, 1969; **Fränkel R**, 1971; **Fränkel R**, 1974; **Fränkel R**, 1980; **Fränkel R**, **Fränkel C**, 1983; **Fränkel R**, **Muller** , **Falk** , 1987)

Bei Kindern mit einem unterentwickelten Oberkiefer wird vom Funktionsregler Typ III erwartet, das Unterkieferwachstum zu bremsen und das Oberkieferwachstum durch Abschirmung des Muskeldrucks von Wangen und Lippen und gleichzeitige Zugspannung auf das Periost zu stimulieren. (**Fränkel R**. 1970)

Es gibt nahezu keine Gegenmeinung zwischen den Autoren, die sich mit dem FR-III-Gerät auseinandergesetzt haben, im Bezug auf die Rücklenkung des Unterkieferwachstums in eine dorsale und posteriore Richtung (**Graber**, **Rakosi**, **Petrovic**, 1997; **Fränkel R**. 1970; **McNamara**, **Huge** 1985; **Kohmura**, **Tokuda**, **Hara** 1986; **Ülgen**, **Firatli** 1994; **Loh**, **Kerr** 1985; **Kerr**, **Ten Have** 1988; **Kerr**, **Ten Have**, **McNamara** 1989; **Proffit** 2000). Es gibt aber Widersprüche bezüglich des skelettalen Effektes auf die Maxilla.

Fränkel (1970) berichtete, dass durch die Verwendung des FR-III-Geräts der Knochenbau am Punkt A zunimmt, wogegen **McNamara** und **Huge** (1985) herausfanden, dass es eine ventrale und kaudale Bewegung der Maxilla im Ganzen verursacht.

Kohmura et al. (1986) berichteten, dass eine signifikante ventrale Verlagerung bei Punkt A und eine laterale Ausdehnung beider Zahnbögen mit dem FR-III-Gerät zu beobachten wären. Anderer Meinung waren **Ülgen** und **Firatli** (1994), die berichteten, dass die sagittale Veränderung der Maxilla unbedeutend sei und die größte Verbesserung in der dorsalen und posterioren Rotation der Mandibula sowie der Verkleinerung von SNB und der Retrusion der mandibulären Schneidezähne liege.

Loh und **Kerr** (1985), **Kerr** und **Ten Have** (1988) und **Kerr** et al. (1989) erklärten ebenso, dass es keine erhebliche Zunahme des SNA-Winkels gibt und der Haupteffekt im Unterkiefer liegt. **Proffit** (2000) erklärte, dass zwar eine kleine wahre Vorwärtsbewegung des Oberkiefers mit dem FR-III-Gerät erreicht wird, aber die größte Verbesserung in der Zahnveränderung liegt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Funktionsregler Typ III regulierend auf die weiteren Wachstumsvorgänge offensichtlich auf sehr verschiedene Weise Einfluss nehmen kann.

Die orofaziale Muskulatur wird gezielt umprogrammiert bzw. trainiert, um eine Fehlentwicklung von Gebiss und Gesichtsskelett entgegen zu wirken (**Gedrange, Harzer** 2004)

Durch die Gestaltung des Funktionsreglers bleibt der Mundinnenraum frei. Damit kann dieses Gerät als „funktionsfreundlich“ bezeichnet werden. Das Gerät verursacht nach Adaptation keine nennenswerte Beeinträchtigung der Mimik. Die Eingewöhnungszeit beträgt wenige Wochen. Danach können diese Geräte ohne Einschränkungen bei Tage getragen werden und durch ihre Wirkelemente gezielt in die neuromuskulären Abläufe eingreifen. Die Funktionsregler sind so konstruiert, dass jedes Schlucken, Sprechen und alle mimischen Funktionen diesen als Übungsgerät wirken lassen und die Bewegungsfunktionen der gesamten orofazialen Muskulatur beeinflussen. Es ist möglich, mit dem Funktionsregler Typ III regulierend auf die weiteren Wachstumsvorgänge einzuwirken. An der Rostocker Poliklinik für Kieferorthopädie hat sich im Rahmen der Frühbehandlung der Progenie der Funktionsregler durchgesetzt. In den meisten Fällen stellt er das alleinige Behandlungsgerät dar.

3. Eigene Untersuchungen

3.1. Patienten

Entsprechend der Zielstellung dieser Arbeit galt es, die Wirksamkeit des von Fränkel entwickelten Funktionsreglers Typ III an 27 Patienten (11 männlich, 16 weiblich) zu untersuchen. Alle in die Untersuchung einbezogenen Patienten mussten folgende Kriterien erfüllen:

- Aus diagnostischer Sicht sollte der Patient einen unteren Frontzahnvorbiß oder dessen dentale Kompensation bei basaler Klasse III Relation und metrischer Überentwicklung des Unterkiefers aufweisen.
- Es mussten mindestens drei Fernröntgenseitenbilder vor Beginn, am Ende der aktiven Behandlung und zwei Jahre danach (Nachkontrolle) vorhanden sein.
- Die Patienten mussten im Zeitraum zwischen den Fernröntgenseitenaufnahmen ausschließlich mit dem FR-III behandelt worden sein.
- Patienten mit Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalten und mit Syndromen wurden ausgeschlossen.

Das Alter zum Beginn (1. Untersuchung) und zum Ende der aktiven Behandlung (2. Untersuchung) war 7,6 J (SD 1,3 J) bzw. 13,6 J (SD 1,3 J). Die Nachkontrolle (3. Untersuchung) wurde mit 15,7 J (SD 1,5 J) durchgeführt (Tab. 1).

Für die Kontrollgruppe (Gruppe K) dienten Fernröntgenseitenbilder aus der Längsschnittuntersuchung von **Klink-Heckmann**, die von **Fischer** (1997) DV basiert bearbeitet wurde. Es handelt sich hierbei um 24 männliche und 23 weibliche nicht kieferorthopädisch behandelte Patienten, die eine regelrechte Gebissentwicklung aufwiesen. Zwischen dem 6. und 24. Lebensjahr wurden von den Probanden im jährlichen Abstand FRS-Aufnahmen angefertigt.

Für die vorliegende Arbeit konnten die Daten von 16 männlichen und 15 weiblichen Patienten zur Auswertung und zum Vergleich mit der Untersuchungsgruppe herangezogen werden. Entsprechend der eigenen Studie wurden drei Altersklassen ausgesucht. (Tab. 1)

männlich			weiblich		
Altersgruppe (Alter in Jahren)	n	Durch- schnittsalter in Jahren	Altersgruppe (Alter in Jahren)	n	Durch- schnittsalter in Jahren
7	16	7,27	7	15	7,32
13/14	16	13,38	13/14	15	13,27
15/16	16	15,54	15/16	15	15,68

Tab.1: Altersprofil der Kontrollgruppe und deren Einteilung

Beetke (2003) hat das Gesichtsschädelwachstum der Probanden der Kontrollgruppe mittels der Tensoranalyse vom 6. bis 18. Lebensjahr untersucht. Er stellte keine signifikanten Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Probanden fest.

3.2. Untersuchungsmethode

Zur Beurteilung und Vermessung der Fernröntgenseitenbilder wurden zwei unterschiedliche Verfahren angewendet, eine metrische, individualisierte Kephalemetrie und die Tensoranalyse. Es wurden die gleichen kephalometrischen Parameter für die beiden Analysen verwendet.

3.2.1. Messpunkte, Strecken und Winkel der Kephalemetrie

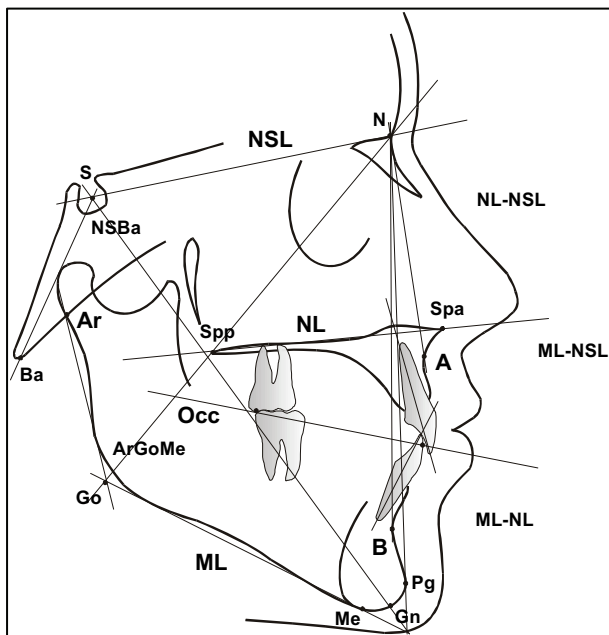


Abb. 1: Messpunkte der Fernröntgenanalyse; Kephalemetrie und Tensoranalyse

S	Sella: Mittelpunkt des größten Durchmessers der Sella turcica in der Mediansagittalebene (konstruierter Punkt)
N	Nasion: anteriorster Punkt der Sutura frontonasalis in der Mediansagittalebene
A	A-Punkt: posteriorster Punkt der anterioren Kontur des Oberkieferalveolarfortsatzes in der Mediansagittalebene
B	B-Punkt: posteriorster Punkt der anterioren Kontur des Unterkieferalveolarfortsatzes in der Mediansagittalebene
Spa	Spina nasalis anterior: der am weitesten anterior gelegene Punkt der knöchernen Spina nasalis in der Mediansagittalebene

Spp	Spina nasalis posterior: Schnittpunkt der Verlängerung der vorderen Wand der Fossa pterygopalatina und dem Nasenboden (konstruierter Punkt)
Pg	Pogonion: anteriorster Punkt der knöchernen Kinnkontur in der Mediansagittalebene
Me	Menton: der am weitesten kaudal gelegene Punkt der knöchernen Kinnkontur in der Mediansagittalebene
Rt	Ramus-Tangentenpunkt: Tangentenpunkt des Aufsteigenden Astes
Ct	Corpus-Tangentenpunkt: Tangentenpunkt des Unterkieferkörpers
Go	Gonion: Schnittpunkt der Tangenten Mandibularlinie und Ramuslinie, wobei die Mandibularlinie ausgehend vom Punkt Me als Tangente an die untere Auswölbung und die Ramuslinie ausgehend vom Punkt Ar als Tangente an die posteriore Auswölbung des Kieferwinkels konstruiert wird
Ar	Artikulare: Schnittpunkt des vorderen unteren Randes der Schädelbasis mit der dorsalen Kontur des Collum mandibulae (konstruierter Punkt)
Ba	Basion: der am weitesten posterior und inferior gelegene Punkt des Clivus in der Mediansagittalebene
UK6	Unterkiefer 6-Jahrmolar: distalster Punkt der größten Zirkumferenz
OK6	Oberkiefer 6-Jahrmolar: distalster Punkt der größten Zirkumferenz
Occ	Occlusionsebene posterior: distaler Occlusionspunkt
IUK1	Inzision inferior: Spitze der Inzisalkante des am weitesten anterior stehenden unteren mittleren Schneidezahnes
AUK1	Apex inferior: Spitze des Apex des am weitesten anterior stehenden unteren mittleren Schneidezahnes
IOK1	Inzision superior: Spitze der Inzisalkante des am weitesten anterior stehenden oberen mittleren Schneidezahnes
AOK1	Apex superior: Spitze des Apex des am weitesten anterior stehenden oberen mittleren Schneidezahnes

Vermessene Winkel und Strecken der kephalometrischen Fernröntgenanalyse

Vertikale Analyse

NSBa	Schädelbasiswinkel Ausdruck für den Prognathiegrad des Kieferskelettes
NL-NSL	Oberkieferinklination in Bezug zur vorderen Schädelbasis Winkel zwischen den Linien NL und NSL, wobei NL durch die Verbindung der Punkte Spa und Spp und NSL durch die Verbindung der Punkte N und S gebildet wird
ML-NSL	Unterkieferinklination in Bezug zur vorderen Schädelbasis Winkel zwischen der Mandibularlinie und der Linie NSL, wobei die Mandibularlinie ausgehend vom Punkt Me als Tangente an die untere Auswölbung des Kieferwinkels konstruiert wird
ML-NL	Basis bzw. Grundebenenwinkel Winkel zwischen der Mandibularlinie und der Linie NL, beschreibt die Neigung zwischen Oberkiefer und Unterkiefer
ArGoMe	Gonion- bzw. Kieferwinkel Relation zwischen Unterkieferkörper und aufsteigendem Ast
NGoMe	unterer Gonionwinkel beschreibt die Neigung des Unterkieferkörpers in der vertikalen Ebene
FHR	Gesichtshöhenverhältnis Relation der Strecken N-Me : S-Go

Sagittale Analyse

SNA	Grad der Prognathie des Oberkiefers im Verhältnis zur vorderen Schädelbasis
SNB	Grad der Prognathie des Unterkiefers im Verhältnis zur vorderen Schädelbasis
ANB	Unterschied zwischen Oberkiefer- und Unterkieferprognathie
WITS	Abstand zwischen den Punkten A0 und B0, wobei diese Punkte konstruiert werden, indem vom A-Punkt und B-Punkt ein Lot auf die Okklusionsebene gefällt wird. Die Okklusionsebene verläuft durch den Halbierungspunkt der Strecke OK6-UK6 sowie den Halbierungspunkt der Strecke IOK1-IUK1.

SNPog druckt die Position des Kinns zur Schädelbasis in der sagittalen Ebene aus

Metrische Analyse

NS vordere Schädelbasislänge

OK-Länge Strecke zwischen den Punkten Spa und Spp beschreibt die Länge des Oberkiefers

OK-Länge soll Sollwert für die Oberkieferlänge errechnet nach $NS \times 70\%$

UK-Länge Strecke zwischen den Punkten Go und Me beschreibt die Länge der Unterkieferbasis

UK-Länge soll Sollwert für die Unterkieferlänge errechnet nach $(NS \times 21) / 20$

Dentale Analyse

UK1-NB in ° Winkel zwischen der Linie NB und der Schneidezahnachse UK1, welche durch die Punkte AUK1 und IUK1 verläuft beschreibt die Stellung der Unterkieferschneidezähne zur NB-Linie

OK1-NA in ° Winkel zwischen der Linie NA und der Schneidezahnachse OK1, welche durch die Punkte AOK1 und IOK1 verläuft beschreibt die Stellung der Oberkieferschneidezähne zur NB-Linie

UK1-NB in mm Strecke des Lotes von IUK1 auf die Linie NB beschreibt die Position des Unterkieferschneidezahnes zur Linie NB

OK1-NA in mm Strecke des Lotes von IOK1 auf die Linie NA beschreibt die Position des Oberkieferschneidezahnes zur Linie NA

UK1-ML° Winkel zwischen der Linie ML und der Schneidezahnachse UK1, welche durch die Punkte AUK1 und IUK1 verläuft beschreibt die Stellung der Unterkieferschneidezähne zur ML-Linie

OK1-NSL° Winkel zwischen der Linie NSL und der Schneidezahnachse OK1, welche durch die Punkte AOK1 und IOK1 verläuft beschreibt die Stellung der Oberkieferschneidezähne zur NSL-Linie

Interinzisalwinkel Winkel zwischen Schneidezahnachsen

Die vertikale Analyse der metrischen Kephallometrie diente zur Unterteilung der Untersuchungsgruppe in eine vertikale (Gruppe V) und eine horizontale Gruppe (Gruppe H). Dafür wurden folgende Parameter einbezogen:

ArGoMe $>$ oder $< 129,3^\circ$

NGoMe $>$ oder $< 73,4^\circ$

ML-NSL $>$ oder $< 36^\circ$

Die Entwicklung der Anomalie, aber auch der mögliche verschiedene Einfluss der Therapie mit dem Funktionsregler wurde bisher bei Progenien noch nicht untersucht. Inwieweit das Rotationsmuster das Therapieergebnis beeinflusst, stellt einen Hauptpunkt der Zielstellung dieser Arbeit dar. Außerdem ergab die Trennung in männlich und weiblich keine wesentlichen, signifikanten Unterschiede, wie das von **Brune** (2003) und **Beetke** (2003) (Bezug nur zur Kontrollgruppe) bewiesen wurde, die die Patienten der vorliegenden Untersuchung miteinbezogen haben.

3.2.2. Durchführung und Darstellung der Tensoranalyse

Die Darstellung der Veränderungen in den Dreiecken erfordern eine umfangreiche geometrische Konstruktion. Deren Ergebnis ist ein biorthogonales Kreuz aus zwei senkrecht aufeinander stehenden Tensoren, welche die maximale und minimale Dilatation (Größenveränderung) eines Dreieckes als Verhältniszahl darstellen. Gleichzeitig werden Richtung und Ausmaß der Veränderungen angegeben. Die Längen der Tensoren ergeben sich aus dem Verhältnis zwischen zwei analogen Armen des biorthogonalen Kreuzes in den beiden zu vergleichenden Dreiecken.

Auf Grund der Annahme, dass sich die drei Eckpunkte des Dreieckes infolge der Veränderung vom Form und Größe der Gesichtsschädelstrukturen verschieben, ist es notwendig, weitere Verfahren zur Messung der Veränderungen zu benutzen.

Die folgende Erläuterung der Methode zeigt eine anzunehmende Veränderung eines beliebigen Dreieckes (A-B-C) des Gesichtsschädels in das Dreieck (A'-B'-C') (Abb. 2 9).

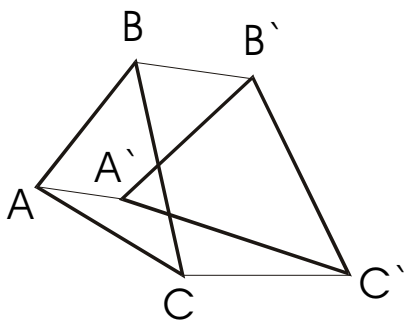


Abb. 2: Wachstums- und Positionsänderung eines beliebigen Dreieckes

Translokation

Dabei wird ein Eckpunkt des Veränderten Dreieckes auf seine ursprüngliche Position zurückgesetzt (Abb. 3).

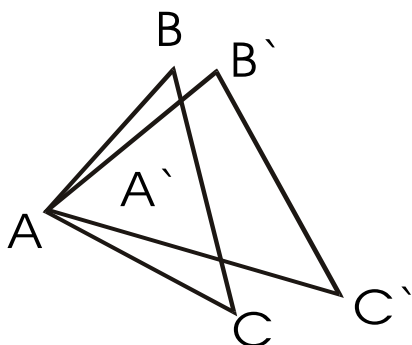


Abb. 3: Translokation des Dreieckes A'-B'-C' auf den Punkt A

Rotation

Das umgebaute Dreieck wird um den gemeinsamen Eckpunkt A (A') gedreht, bis die betreffende Seite ($A'-B'$) die entsprechende Seite des Ausgangsdreieckes (A-B) bedeckt (Abb. 4).

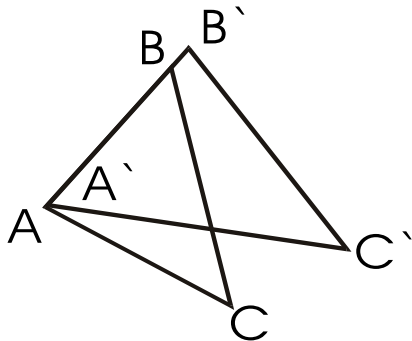


Abb. 4: Rotation des Dreieckes $A'-B'-C'$ auf die Seite A-B

Wiederherstellen der Skala

Das umgebaute Dreieck muss bedarfsgerecht zur Übereinstimmung der Skala vergrößert oder verkleinert werden. Die Länge der Seite A-B dient hier als Maßstab. Es folgt die Parallelverschiebung der Seite ($B'-C'$) durch den Punkt B, woraus die Eingrenzung des neuen Dreieckes A-B- C'' durch die Linie B- C'' erfolgt. Jetzt entspricht die Form des entstandenen Dreieckes dem Dreieck $A'-B'-C'$ und die Skala der des Dreieckes A-B-C (Abb. 5).

Es erfolgt das Zeichnen einer Geraden durch die Punkte C, C'' . Durch den Halbpunkt der entstandenen Strecke C- C'' wird eine Senkrechte durch die Seite A-B ($A'-B'$) bzw. durch deren Verlängerung gezogen. Es entsteht der Punkt P. Der Kreis mit dem Mittelpunkt P durch die Punkte C, C'' schneidet die Verlängerung der Seite A-B in Zwei Punkten, die links (L) und rechts (R) vom Punkt P liegen (Abb. 6).

Die Strecken L-C und L- C'' sowie die Strecken R-C und R- C'' schließen die Winkel für die Richtung der Veränderungen in den Dreiecken ein (Abb. 7).

Die Richtungen werden so in die Dreiecke eingebracht, dass sie von einer Spitze des Dreieckes zur gegenüberliegenden Seite verlaufen (Abb. 8).

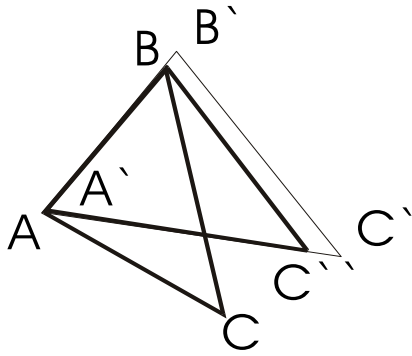


Abb. 5: Wiederherstellen der Skala

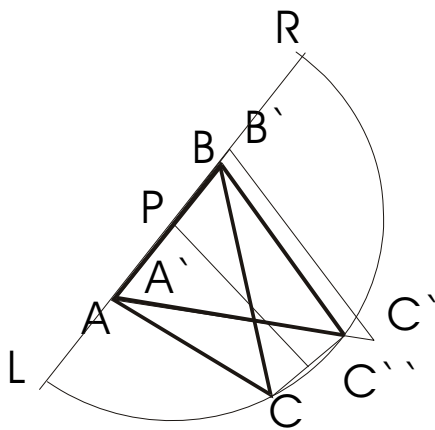


Abb.6: Konstruktion der Punkte L und R

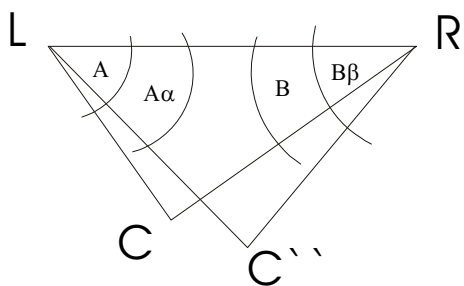


Abb. 7: Konstruktion der Richtung der Dilatationen

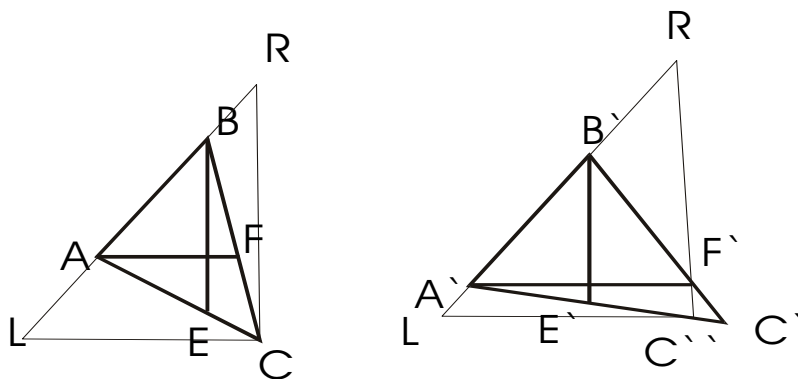


Abb. 8: Richtungen der Dilatationen im Ursprungs- und im umgebauten Dreieck

Aus den so entstandenen, paarweise vergleichbaren Dimensionen ergeben sich die Dilatationen, die sich wie folgt berechnen lassen.

$$D1 = A'-F' / A-F$$

$$D2 = B'-E' / B-E$$

Das Ergebnis zeigt das umgebaute Dreieck mit den Dilatationen (Abb. 9).

Die Veränderungen D1 und D2 werden nach der Berechnung als Werte dargestellt. Dabei bedeutet zum Beispiel $D1 = 1,2435$, dass eine Vergrößerung des Abschnittes D1 vom Dreieck A-B-C mit 1 auf 1,2435 im Dreieck A'-B'-C' stattgefunden hat; das heißt es ist eine Vergrößerung um 24,35% eingetreten. Die Winkel Alpha und Beta (Abb. 7) geben die Entwicklungsrichtung der D1 vom Punkt A' bzw. der D2 vom Punkt B' an.

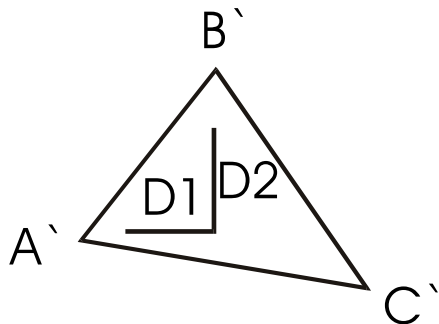


Abb. 9: umgebautes Dreieck mit Dilatationen

3.2.3. Die Messpunkte der Tensoranalyse und Definition der Dreiecke

Die Dreiecke wurden so ausgewählt, dass die Beurteilung des Wachstums der Strukturen in den verschiedenen Bereichen des Gesichtsschädels möglich wird. So sind für die Beurteilung des Wachstums des Oberkiefers in Abhängigkeit von der Schädelbasis die Dreiecke S.N.A und S.Spp.Ba ausgewählt worden (Abb. 10 A).

Zur Beurteilung und Auswertung der Wachstumsvorgänge, die den Oberkiefer betreffen, diente das Dreieck S.Spp.A. Die intermaxilläre Beziehung wurde anhand des Dreiecks Spp.A.B dargestellt (Abb. 10 B).

Die Dreiecke Ar.Spp.Go und Ar.Go.Me wurden zur Einschätzung der Entwicklung des Unterkiefers gewählt (Abb. 10 C).

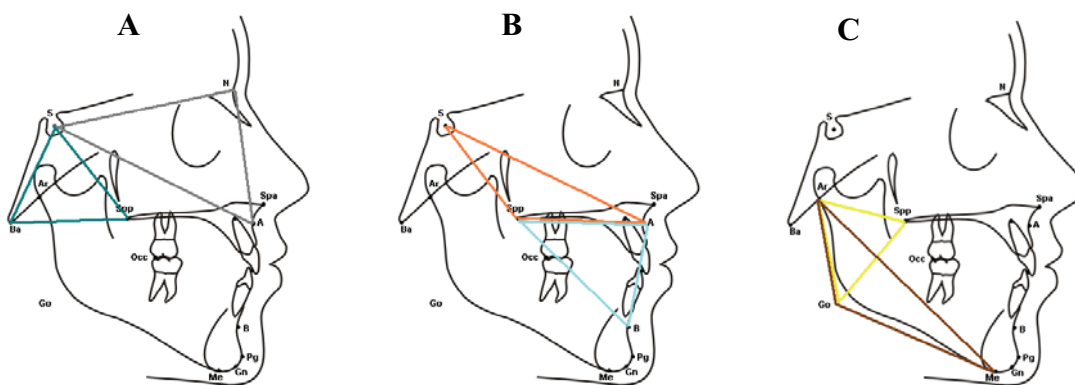


Abb. 10: A: Dreiecke S.N.A und S.Spp.Ba; B: Dreiecke S.Spp.A und Spp.A.B; C: Dreiecke Ar.Spp.Go und Ar.Go.Me

Die Auswahl der Dreiecke soll die Beurteilung der Entwicklung des Oberkiefers und Unterkiefers, die durch die Therapie mit dem Funktionsregler Typ III insbesondere beeinflusst werden, ermöglichen. Die Errechnung der Werte für die Dilatationen in den Dreiecken erfolgte mittels des von FISCHER (1997) erarbeiteten Computerprogrammes ROTA (Rostocker Tensoranalyse), das die Eingabe der Messpunkte des digitalisierten Fernröntgenbildes am Bildschirm ermöglicht.

3.2.4. Datenverarbeitung und Statistik

Die statistische Auswertung und die graphischen Darstellungen wurden mit Hilfe der Computerprogramme ROTA, Excel, Corel Draw 8 und Word durchgeführt.

Für die untersuchten Gruppen haben die ermittelten Messwerte mit und ohne statistische Signifikanz Gültigkeit. Es gilt jedoch zu klären, inwieweit sich die Ergebnisse dieser Stichproben einer Grundgesamtheit auf diese verallgemeinern lassen, oder ob allein die zufallsbedingte Streuung der Messwerte eine derartige Verallgemeinerung verbietet.

Unter Verwendung des Statistikprogramms SPSS 10.0 für Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) erfolgte die statistische Prüfung der Ergebnisse am Institut für Medizinische Informatik und Biometrie der Universität Rostock.

Zur Beurteilung der Datenverteilung der einzelnen Variablen wurde zunächst der Kolmogorow-Smirnov-Test durchgeführt. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse dieser Berechnung wurden zur weiteren statistischen Analyse der Daten der t-Test für verbundene Stichproben, der One-way-Anova-Test (einfache Varianzanalyse) und der Kruskal-Wallis-Test angewandt, um die Signifikanz auftretender Veränderungen sowohl zur 2. als auch zur 3. Untersuchung bestimmen zu können. Dazu wurde die Software SPSS 10.0 für Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) benutzt.

Für alle Analysen wurde das Signifikanzniveau auf $p < 0,05$ festgelegt. Ein p-Wert von $p < 0,05$ bedeutet, dass der entsprechende Vergleich signifikant ist.

Um den methodischen Fehler bei den Messungen zu beurteilen, wurden 14 zufällig ausgewählte Röntgenaufnahmen ein zweites Mal 2 Wochen nach der ersten Auswertung von derselben Person analysiert. Die Größe des methodischen Fehlers wurde mit der DAHLBERG-Formel berechnet:

$$SD = \sqrt{\sum d^2 / 2n}$$

Der Gesamtfehler SD der Einzelmessungen umfasst den systematischen und den zufälligen Fehler und macht Aussagen über die Genauigkeit, mit der dieselbe Variable in verschiedenen Messserien reproduzierbar gemessen werden kann.

Dabei bezeichnet „**d**“ die Differenz zwischen den jeweiligen Messungen und „**n**“ die Anzahl der doppelt ausgewerteten Fernröntgenseitenbilder. Der Reliabilitätsindex sollte nach **Houston** (1983) 0,97 (97 %) nicht unterschreiten.

Die Ergebnisse der Fehleranalyse sind in Tabelle 2 dargestellt.

Referenz- punkt		DAHLBERG- Fehler	Rel.- Index	Referenz- punkt		DAHLBERG- Fehler	Rel.-Index
S	X	0,17	0,99	Spp	X	0,58	0,97
	Y	0,16	0,99		Y	0,22	0,98
N	X	0,12	0,99	Rt	X	0,28	0,98
	Y	0,25	0,98		Y	0,30	0,98
Ba	X	0,52	0,97	Ct	X	0,33	0,98
	Y	0,58	0,97		Y	0,30	0,98
Ar	X	0,18	0,99	OKKp	X	0,43	0,97
	Y	0,21	0,98		Y	0,52	0,97
A	X	0,15	0,99	OK6	X	0,34	0,98
	Y	0,37	0,98		Y	0,30	0,98
B	X	0,14	0,99	UK6	X	0,32	0,98
	Y	0,41	0,97		Y	0,32	0,98
Go	X	0,27	0,98	IOK1	X	0,25	0,98
	Y	0,28	0,98		Y	0,20	0,99
Me	X	0,41	0,97	AOK1	X	0,33	0,98
	Y	0,20	0,99		Y	0,36	0,98
Gn	X	0,23	0,98	IUK1	X	0,29	0,98
	Y	0,51	0,97		Y	0,30	0,98
Pog	X	0,15	0,99	AUK1	X	0,35	0,98
	Y	0,19	0,99		Y	0,39	0,98
Spa	X	0,12	0,99				
	Y	0,17	0,99				

Tab. 2: Ergebnisse der Fehlerberechnung für alle verwendeten Referenzpunkte als Methodenfehler nach **Dahlberg** (1940) und Reliabilitätsindex

(Zuverlässigkeitskoeffizient nach **Houston**, 1983)

4. Ergebnisse

4.1. Einteilung der Untersuchungsgruppe

Die Einteilung erfolgte anhand des Gesichtsschädelaufbaus in der vertikalen Ebene (vertikale Analyse der metrischen Kephalometrie). Dazu wurden die Mittelwerte der Winkel ArGoMe, NGoMe und ML-NSL gewählt (ArGoMe $129,3^\circ$, NGoMe $73,4^\circ$, ML-NSL 36°). Zwei Untersuchungsgruppen wurden so gebildet: eine vertikale Progeniegruppe (Gruppe V: ArGoMe $> 129,3^\circ$; NGoMe $> 73,4^\circ$; ML-NSL $> 36^\circ$) (n = 16) und eine horizontale Progeniegruppe (Gruppe H: ArGoMe $< 129,3^\circ$; NGoMe $< 73,4^\circ$; ML-NSL $< 36^\circ$) (n = 11). Auf geschlechtsbezogene Trennung wurde verzichtet, da **Brune** (2003) im Rahmen seiner Dissertationsarbeit, die die Patienten der vorliegenden Untersuchung miteinbezogen hat, keine wesentlichen signifikanten Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Probanden feststellte (Ausnahme SNA Winkel und ANB Winkel zum Anfang der Behandlung) (Tab. 3).

Untersuchungsgruppe	n	Patientenalter in Jahren					
		1. Untersuchung		2. Untersuchung		3. Untersuchung	
		MW	SD	MW	SD	MW	SD
Gruppe V	16	7,24	1,22	13,48	1,24	15,74	1,60
Gruppe H	11	8,18	1,33	13,73	1,45	15,65	1,40
Gesamte Gruppe	27	7,63	1,33	13,58	1,31	15,70	1,50

Tab. 3: Einteilung der Untersuchungsgruppe

4.2. Ergebnisse der Kephalometrie

In die Auswertung gehen vertikale, sagittale, metrische und dentale Parameter der kephalometrischen Analyse ein. Ein Vergleich der beiden Untersuchungsgruppen (Gruppe V und H) untereinander erläutert das unterschiedliche Verhalten im Laufe der Behandlung. Das Ausmaß der Anomalie sowie die therapeutische Wirkung des Behandlungsmittels werden durch eine Gegenüberstellung der Untersuchungsgruppen untereinander und mit der Kontrollgruppe (Gruppe K) verdeutlicht.

Die Bewertung des Behandlungserfolges erfolgt durch einen Vergleich innerhalb der einzelnen Gruppen. Um die wachstums- und therapiebedingten Änderungen festzustellen, werden die Ergebnisse der 2. und 3. Untersuchungen immer mit der Ausgangssituation (1. Untersuchung) verglichen (Längsschnittuntersuchung).

Die Ergebnisse werden sowohl tabellarisch als auch graphisch dargestellt.

Im Vergleich der Gruppen untereinander (Querschnittuntersuchung) wird eine graphische Darstellung der einzelnen Parameter, gekoppelt mit einfachen Tabellen bevorzugt. Die ausführlichen Tabellen mit numerischen Angaben über p-Werte, Standardabweichungen und Sollwerten werden als Tabellenanhang gelistet.

4.2.1. Vergleich der Progeniegruppen untereinander und mit der Kontrollgruppe

4.2.1.1. Vertikale Analyse 1. Untersuchung

Vergleich Gruppe H mit Gruppe V:

Zum Beginn der Untersuchung waren alle vertikalen Werte der beiden Untersuchungsgruppen (mit Ausnahme von NSBa und NL-NSL) signifikant unterschiedlich (Abb. 11-18). Die Trennung der Probanden ist damit statistisch eindeutig (Anhang: Tab. 26).

Vergleich Gruppe V mit Gruppe K:

Das vertikale Rotationsmuster der Gruppe V im Vergleich zu Gruppe K wird durch die signifikant unterschiedlichen ML-NSL, ML-NL, ArGoMe und NGoMe Winkel deutlich. Ein signifikanter Unterschied liegt auch beim Gesichtshöhenverhältnis (FHR) vor.

Die Inklination des Oberkiefers, sowie der Schädelbasisknickungswinkel und der Index unterscheiden sich in den beiden Gruppen nicht signifikant (Abb. 11-18) (Anhang: Tab. 27).

Vergleich Gruppe H mit Gruppe K:

Die Winkel ML-NSL und ArGoMe, sowie FHR % in der Gruppe H unterscheiden sich von der Gruppe K nicht signifikant. Das bedeutet, die Kontrollgruppe ist eher mit der horizontalen Progeniegruppe vergleichbar. Einige Werte, wie der NGoMe und der ML-NL Winkel sind signifikant horizontaler als die der Kontrollgruppe. Das heißt, die Trennung der beiden Progeniegruppen ist statistisch eindeutig (Abb. 11-18) (Anhang: Tab. 29).

4.2.1.2. Vertikale Analyse 2. Untersuchung

Vergleich Gruppe H mit Gruppe V:

Die Inklination des Unterkiefers zur Schädelbasis (ML-NSL) weist einen signifikanten Unterschied von $7,7^\circ$ zwischen den beiden Untersuchungsgruppen auf. Der größere Wert für die Gruppe V von 37° spricht für die posteriore Rotation der Mandibula. Der Interbasiswinkel (ML-NL), die Gesichtshöhenrelation (FHR) sowie der Index unterscheiden sich zu diesem Zeitpunkt ebenfalls signifikant zwischen den beiden Untersuchungsgruppen. Der vertikale Gesichtsschädelaufbau verändert sich stets nur so, dass die Gruppenzuordnung bestehen bleibt. Unter der Behandlung mit dem Funktionsregler Typ III ist nicht nur die Gruppe H,

sondern auch die Gruppe V horizontaler geworden. Die posteriore Rotation in der vertikalen Progeniegruppe wurde durch die Behandlung abgeschwächt. Mit einer FHR von 63,2 % und einem Index von 79,7 % sind in der Gruppe V Normwerte erreicht worden, die für harmonische Gesichtshöhen sprechen.

Der Schädelbasisknickungswinkel (NSBa) und die Neigung der Maxilla zur Schädelbasis unterscheiden sich in den beiden Untersuchungsgruppen nicht signifikant, und liegen im Normbereich (Abb. 11-18) (Anhang: Tab. 29).

Vergleich Gruppe V mit Gruppe K:

Im Vergleich der vertikalen Progeniegruppe mit der Kontrollgruppe sind zu diesem Untersuchungszeitpunkt folgende Parameter signifikant verschieden: Die Winkel ML-NSL, ML-NL, ArGoMe, NGoMe und die Relation der Gesichtshöhen (FHR) (Abb. 12-19). Die größeren Werte der Gruppe V sind Ausdruck der betonten vertikalen Entwicklung. In der Kontrollgruppe kommt es zu einer anterioren Rotation (ArGoMe 125°, FHR 67,4%). Die Winkel NSBa und NL-NSL, sowie der Index sind zu Gruppe V nicht signifikant verschieden (Abb. 11-18) (Anhang: Tab. 30).

Vergleich Gruppe H mit Gruppe K:

Der Vergleich der horizontalen Progeniegruppe mit der Kontrollgruppe zeigt drei signifikant unterschiedliche Parameter. Der Interbasiswinkel (ML-NL) ist in der Gruppe H mit 20° signifikant kleiner und bestätigt die deutliche horizontale Wachstumsrichtung.

Der untere Gonionwinkel (NGoMe) ist in der Gruppe H um 2,54° kleiner und liegt mit 70° im Normbereich. Das untere Gesichtsdrittel ist in der horizontalen Progeniegruppe im Verhältnis zum mittleren Gesichtsdrittel (Index) verkürzt. Ein Index von 90,2% dokumentiert die skelettale Tiefbisssituation. Die Winkel NL-NSL, ML-NSL, NSBa und ArGoMe, sowie die Gesichtshöhenrelation (FHR) unterscheiden sich in den beiden Gruppen nicht signifikant (Abb. 11-18) (Anhang: Tab. 31).

4.2.1.3. Vertikale Analyse 3. Untersuchung

Vergleich Gruppe H mit Gruppe V:

Das unterschiedliche Rotationsverhalten zwischen den beiden Untersuchungsgruppen ist auch zu diesem Untersuchungszeitpunkt signifikant nachweisbar. Bis auf die Winkel NSBa und NL-NSL sind alle Parameter der vertikalen Analyse signifikant unterschiedlich. Das bedeutet,

dass die Trennung in die Wachstumsmustergruppen Bestand hat. Die vertikale Progeniegruppe weist Werte auf, die mit den Normwerten vergleichbar sind (NL-NSL $8,5^\circ$, ArGoMe $130,6^\circ$, FHR $63,9\%$, Index $79,5\%$). Eine im Laufe der Behandlung anteriore Rotation ist in den beiden Progeniegruppen zu beobachten, verstärkt in der Gruppe H (Abb. 11-18) (Anhang: Tab. 32).

Vergleich Gruppe V mit Gruppe K:

In der Gegenüberstellung der vertikalen Progeniegruppe und der Kontrollgruppe sind die Winkel ML-NSL, ML-NL, ArGoMe, NGoMe, sowie das Gesichtshöhenverhältnis (FHR) signifikant verschieden. Die Inklinations des Unterkiefers zur Schädelbasis von $29,5^\circ$ ist in der Kontrollgruppe signifikant kleiner und zeigt eine Tendenz zum horizontalen Typ. Ebenfalls ist die Auswertung des Kieferwinkels (ArGoMe-Winkel in Gruppe K $121,33^\circ$). Während das Gesichtshöhenverhältnis (FHR) in der Gruppe V dem Normwert entspricht ($63,9\%$), ist es in der Gruppe K mit $69,5\%$ vergrößert und drückt eine Neigung zum brachyzephalen Gesichtstyp aus. Bei den Winkeln NSBa und NL-NSL, sowie bei dem Index gibt es keine signifikanten Unterschiede (Abb. 11-18) (Anhang: Tab. 33).

Vergleich Gruppe H mit Gruppe K:

Die Vergleichbarkeit zwischen der horizontalen Progeniegruppe und der Kontrollgruppe wird zu diesem Untersuchungszeitpunkt deutlicher. Mit Ausnahme des Index sind alle Parameter der vertikalen Analyse nicht signifikant verschieden (Abb. 11-18) (Anhang: Tab. 34). Die Tendenz zur horizontalen Rotation in der Gruppe K ist beständig.

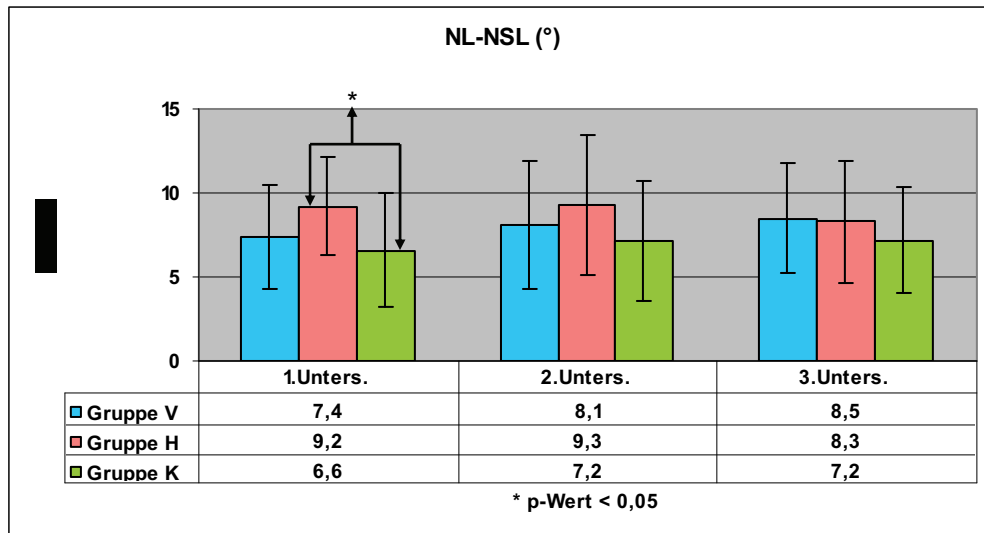


Abb. 11: Neigung des Oberkiefers zur Schädelbasis

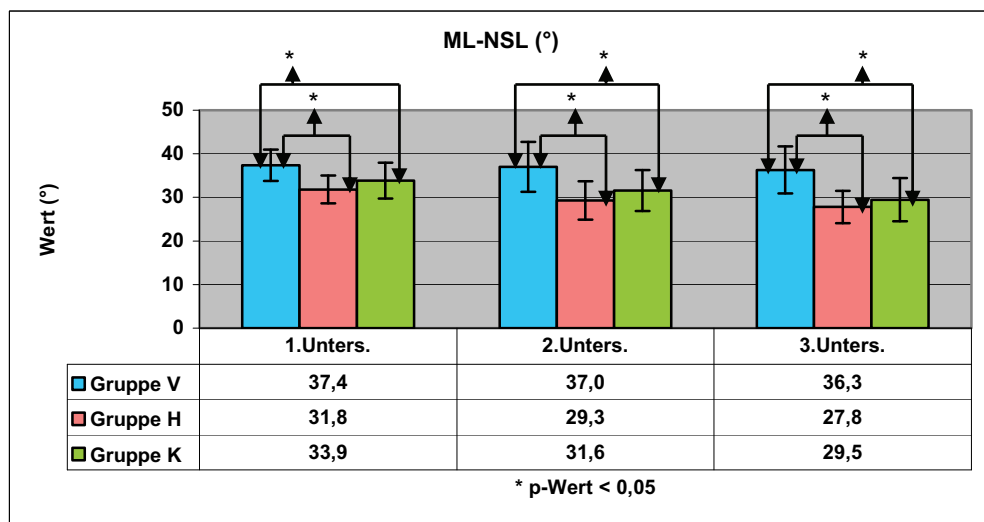


Abb. 12: Neigung des Unterkiefers zur Schädelbasis

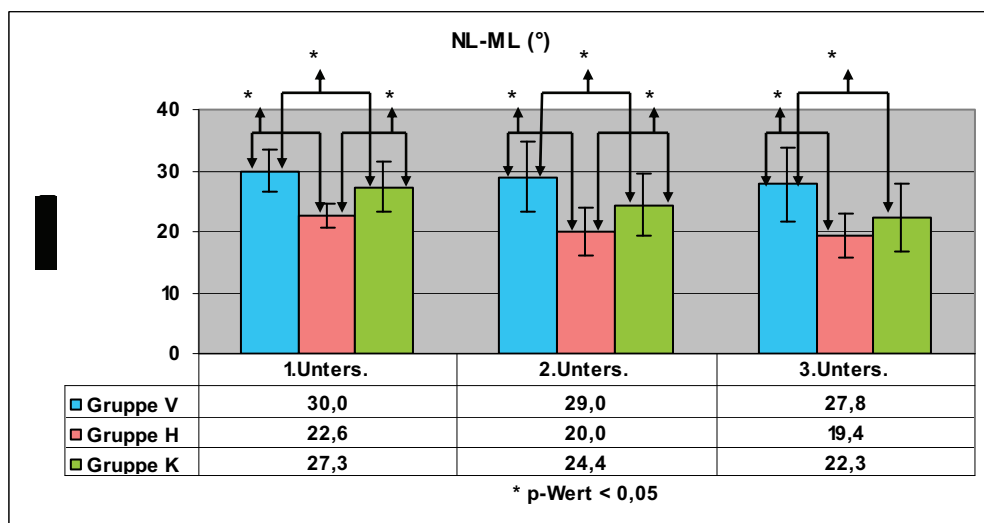


Abb. 13: Interbasiswinkel

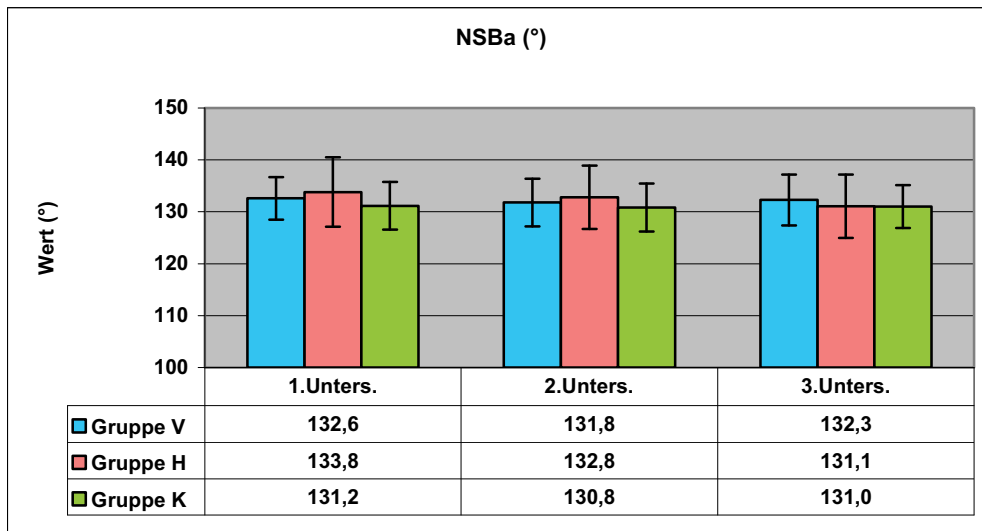


Abb. 14: Schädelbasisknickungswinkel. Es bestehen keine signifikanten Differenzen

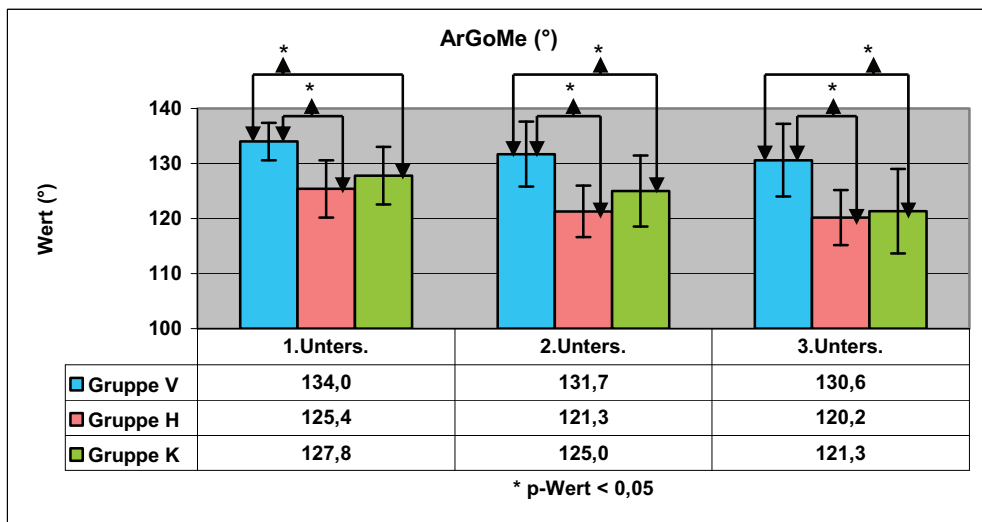


Abb. 15: Kieferwinkel

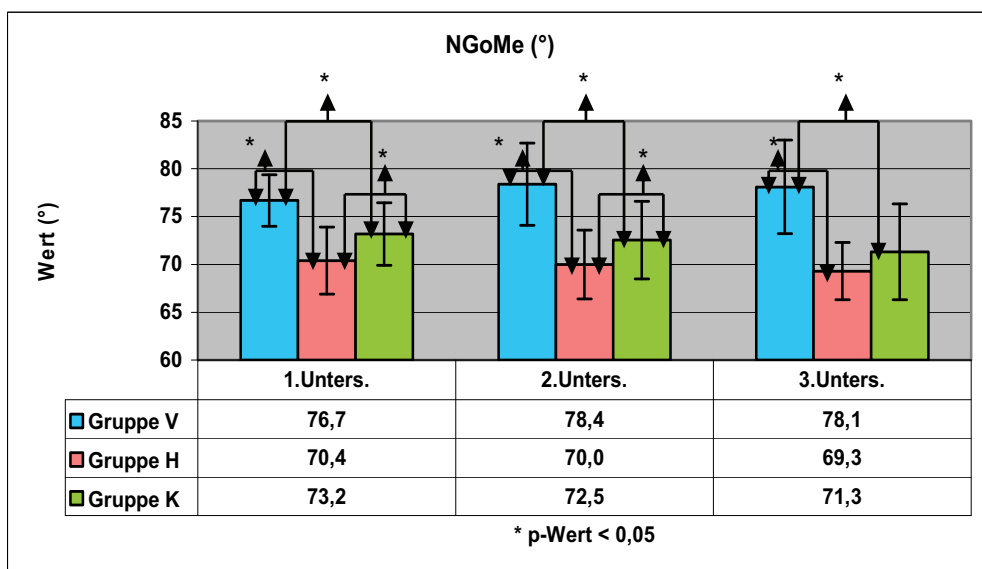


Abb. 16: unterer Gonionwinkel

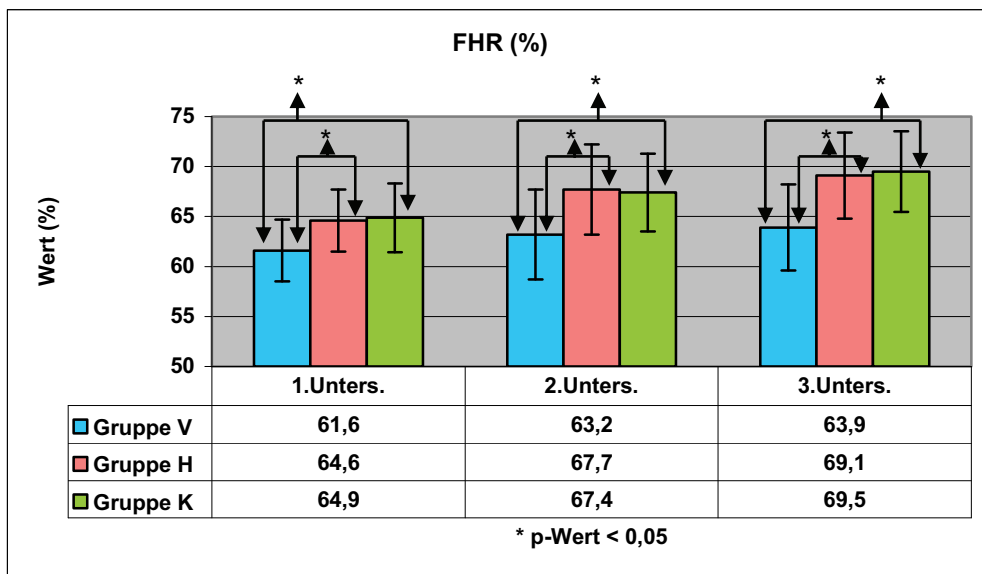


Abb. 17: Relation der hinteren zur vorderen Gesichtshöhe

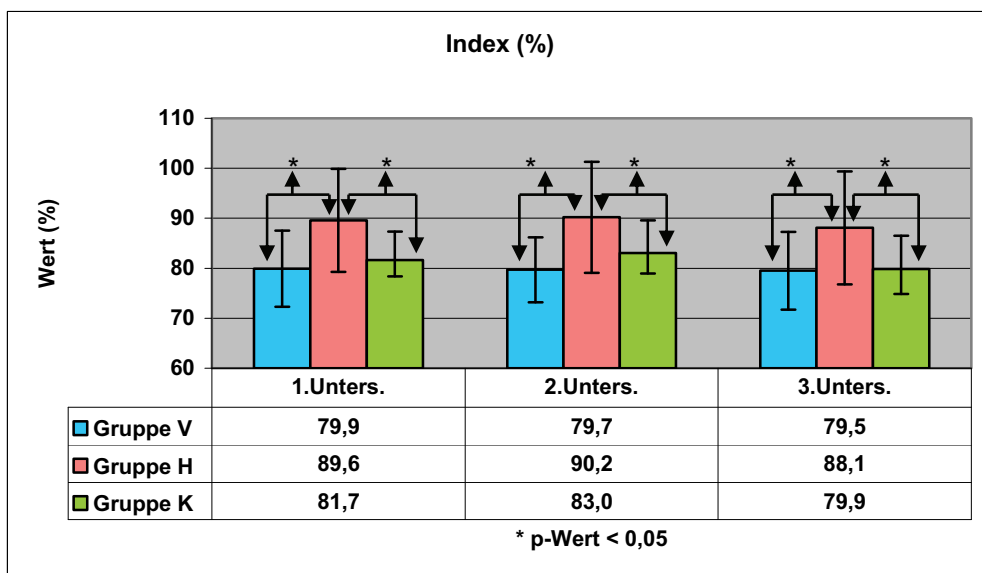


Abb. 18: Relation der oberen zur unteren vorderen Gesichtshöhe

4.2.1.4. Sagittale Analyse 1. Untersuchung

Vergleich Gruppe H mit Gruppe V:

Die sagittale Entwicklung der beiden Untersuchungsgruppen unterscheidet sich zu diesem Zeitpunkt der Untersuchung nicht signifikant (Abb. 19-23) (Anhang: Tab. 35). Wenn berücksichtigt wird, dass sich das Rotationsmuster auf die Größe des ANB-Winkels auswirkt, scheinen zu diesem frühen Zeitpunkt die Probanden mit der vertikalen Progenie die belastendsten Werte aufzuweisen. Das bestätigt der WITS-Wert. In der Gruppe V ist dieser Wert von -4,8 mm kleiner als in der Gruppe H (-3,9 mm).

Vergleich Gruppe V mit Gruppe K:

Bei der Gegenüberstellung der vertikalen Progeniegruppe und der Kontrollgruppe zeigen sich mehrere signifikante Unterschiede. Die Winkel SNA und ANB sind in der Untersuchungsgruppe V signifikant kleiner. Der scheinbar niedrigere SNA Winkel ergibt sich zumindest teilweise durch die Neigung der Schädelbasis aufgrund der Rotation. Der SNB Winkel ist trotz der posterioren Rotation genauso groß wie in der Kontrollgruppe. Ein WITS-Wert von -4,8 mm im Alter von 7,2 Jahren macht die skelettale Progenieentwicklung in dieser Untersuchungsgruppe (Gruppe V) sehr deutlich (Abb. 19-23) (Anhang: Tab. 36).

Der SNPg-Winkel kann durch die posteriore Rotation und das Alter der vertikalen Progeniegruppe gleichermaßen bewertet werden. Ein Wert von $77,5^\circ$ in der Gruppe V ist bei dem posterioren Rotationsmuster ein Ausdruck der anterioren Position des Pogonions.

Vergleich Gruppe H mit Gruppe K:

Im Vergleich der horizontalen Progeniegruppe mit der Kontrollgruppe sind ebenfalls die Parameter SNA, ANB und WITS-Wert signifikant verschieden. Der SNA-Winkel in der Gruppe H drückt mit $79,6^\circ$ die Retroposition des Oberkiefers aus. Der ANB-Winkel und der WITS-Wert ($0,5^\circ$ bzw. -3,9 mm) sind in dieser Untersuchungsgruppe signifikant kleiner. Im Alter von 8,2 Jahren weisen die Probanden der horizontalen Progenie eine deutliche skelettale Klasse III Entwicklung auf.

Der SNB- und der SNPg-Winkel unterscheiden sich nicht signifikant. Durchschnittlich sind sie jedoch in der Gruppe H größer (Abb. 19-23) (Anhang: Tab. 37).

4.2.1.5. Sagittale Analyse 2. Untersuchung

Vergleich Gruppe H mit Gruppe V:

Die Werte der sagittalen Analyse unterscheiden sich zu diesem Zeitpunkt der Untersuchung zwischen den beiden Progeniegruppen nicht signifikant. Die Winkel SNA, SNB, ANB und SNPg sind in der Gruppe V aufgrund des Rotationsmusters durchschnittlich kleiner. Der kleinere WITS-Wert in der vertikalen Progeniegruppe (-5,3 mm) bestätigt die progene Entwicklung dieser Probanden (Abb. 19-23) (Anhang: Tab. 38).

Vergleich Gruppe V mit Gruppe K:

Wie zum Zeitpunkt der 1. Untersuchung unterscheiden sich die Winkel SNA und ANB und der WITS-Wert zwischen der vertikalen Progeniegruppe und der Kontrollgruppe auch hier signifikant. Der ANB-Winkel verkleinerte sich in der Gruppe V um lediglich $0,1^\circ$, während sich dieser Winkel in der Gruppe K um $0,6^\circ$ reduziert hat. Die Zunahme des SNB-Winkels in der Progeniegruppe von $0,4^\circ$ ist kleiner als die der Kontrollgruppe ($1,7^\circ$). Von einer Hemmung der sagittalen Entwicklung der Mandibula in der Gruppe „Vertikale Progenie“ kann deshalb gesprochen werden. Die kleineren Winkel SNA, SNB und SNPg in der vertikalen Progeniegruppe müssen jedoch messtechnisch gewertet werden (Neigung der Schädelbasis). Der viel kleinere WITS-Wert in der Progeniegruppe ist ein Ausdruck der vorliegenden skelettalen Anomalie (Abb. 19-23) (Anhang: Tab. 39).

Vergleich Gruppe H mit Gruppe K:

In der Gegenüberstellung der horizontalen Progeniegruppe und der Kontrollgruppe konnte wiederum ein signifikant unterschiedlicher SNA-Winkel zugunsten der Kontrollgruppe gemessen werden. Allerdings ist der Wert in der Gruppe H mit $80,8^\circ$ im Normbereich liegend. Das bedeutet, dass der A-Punkt eine sagittale Nachentwicklung unter der Behandlung mittels Funktionsreglers Typ III erfahren hat. Der ANB-Winkel ist in der horizontalen Progeniegruppe signifikant kleiner als in der Kontrollgruppe. Er hat sich sowohl in der Progenie- als auch in der Kontrollgruppe im Betrachtungszeitraum gleichmäßig verkleinert ($0,6^\circ$). Der WITS-Wert in der Größenordnung von -4,2 mm in der Gruppe H spricht für eine skelettale Diskrepanz in der Sagittalen. Der Wert von 0,21 mm in der Kontrollgruppe ist noch normgerecht. Die Zunahme des SNB-Winkels ist sowohl in der Untersuchungs- als auch in

der Kontrollgruppe nahezu identisch. Der Wert von $80,8^\circ$ in der Gruppe H entspricht dem Normwert. Die Kinnprominenz (SNPg-Winkel) unterscheidet sich in den beiden Gruppen nicht signifikant (Abb. 19-23) (Anhang: Tab. 40).

4.2.1.6. Sagittale Analyse 3. Untersuchung

Vergleich Gruppe H mit Gruppe V:

Wie zum Zeitpunkt der 1. Untersuchung dargestellt wurde, zeigten die Probanden mit der vertikalen Progenie die belastendsten Werte. In Gegenüberstellung der beiden Progeniegruppen zum Zeitpunkt der 3. Untersuchung macht sich die positive Wirkung des Behandlungsmittels bemerkbar. Obwohl keine signifikanten Unterschiede vorliegen, kann dennoch ein Trend zugunsten der Gruppe V beobachtet werden. Der SNB-Winkel vergrößerte sich im ganzen Beobachtungszeitraum in der Gruppe H um $2,9^\circ$, in der Gruppe V dagegen lediglich um $0,4^\circ$. Einen statistisch stärkeren Trend (p-Wert = 0,053) zeigt der SNPg-Winkel. Während sich der Winkel in der vertikalen Progeniegruppe um $2,4^\circ$ vergrößert hat, war der Unterschied in der Gruppe „Horizontal“ mit $4,7^\circ$ deutlich größer. Der WITS-Wert in den beiden Gruppen ist fast identisch, ebenso der Winkel ANB. Der SNA-Winkel blieb in der Gruppe V unverändert, und vergrößert sich in der Gruppe H um $1,2^\circ$ (Abb. 19-23) (Anhang: Tab. 41). Trotz der ungünstigeren Ausgangswerte in der vertikalen Progeniegruppe, konnte der Funktionsregler eine anhaltende Besserung bewirken.

Vergleich Gruppe V mit Gruppe K:

Trotz einer im Laufe der Behandlung durch den Funktionsregler erzielten anterioren Rotation des Unterkiefers (s. vertikale Analyse Abb. 12-19) hat sich der SNB-Winkel in der Gruppe V kaum geändert. Der Wert zu diesem Zeitpunkt ($78,7^\circ$) entspricht dem Wert zum Zeitpunkt „Ende der Behandlung“ (2. Untersuchung). Das heißt, dass das Behandlungsergebnis stabil geblieben ist. Der viel kleinere Wert in der vertikalen Progeniegruppe gegenüber der Kontrollgruppe hängt mit dem Rotationsmuster dieser Probanden zusammen. Der Unterschied ist nicht signifikant. Der SNA-Winkel ist in der Gruppe V signifikant kleiner. Somit ist anhand der kephalometrischen Analyse keine sagittale Nachentwicklung des A-Punktes nachzuweisen. Die Neigung des Oberkiefers zur Schädelbasis (NL-NSL) hat sich jedoch im Laufe der Behandlung geändert (posteriore Rotation der Maxilla). Diese Rotation schwächt die Aussagekraft dieser Messmethode in der sagittalen Ebene ab.

Der ANB Winkel ist zwischen den beiden Gruppen signifikant verschieden. Er hat sich in der Gruppe K um $1,82^\circ$ verkleinert, in der Gruppe V dagegen nur um $0,5^\circ$. Der signifikant kleinere WITS-Wert der Gruppe V (-5,8 mm) macht die skelettale Klasse III Entwicklung deutlich. Auch der SNPg Winkel ist nicht signifikant unterschiedlich zwischen diesen beiden Gruppen (Abb. 19-23) (Anhang: Tab. 42).

Vergleich Gruppe H mit Gruppe K:

Die Winkel SNA, SNB und SNPg sind nicht signifikant verschieden. Die Zunahme des SNA-Winkels in der Progeniegruppe „Horizontal“ mit $1,2^\circ$ übertrifft die der Kontrollgruppe ($0,6^\circ$). Der ANB-Winkel ist in der Gruppe H signifikant kleiner. Er hat sich in der Progeniegruppe um $1,4^\circ$ und in der Kontrollgruppe $1,8^\circ$ verkleinert. Der in der Gruppe H signifikant kleinere WITS-Wert drückt die Ausprägung der Anomalie aus (Abb. 19-23) (Anhang: Tab. 43).

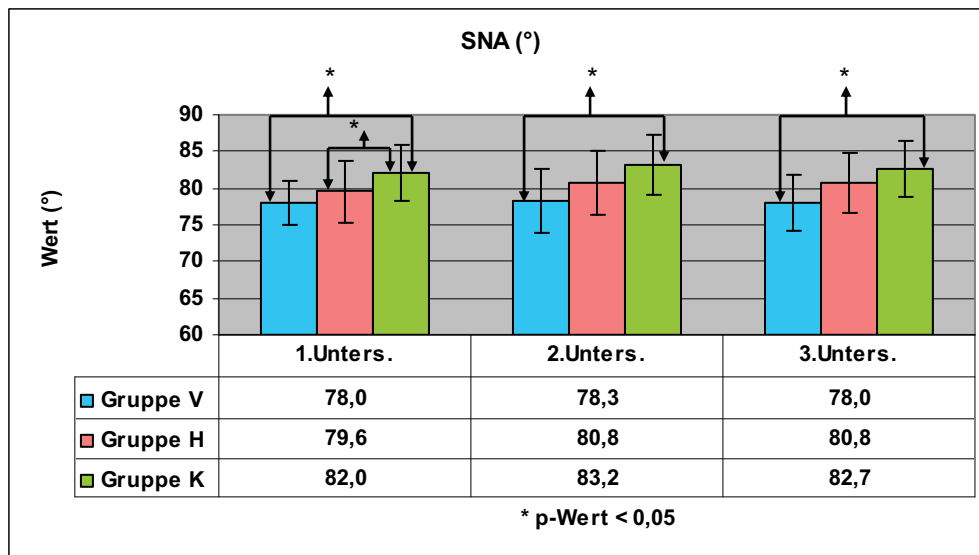


Abb. 19: Winkel SNA

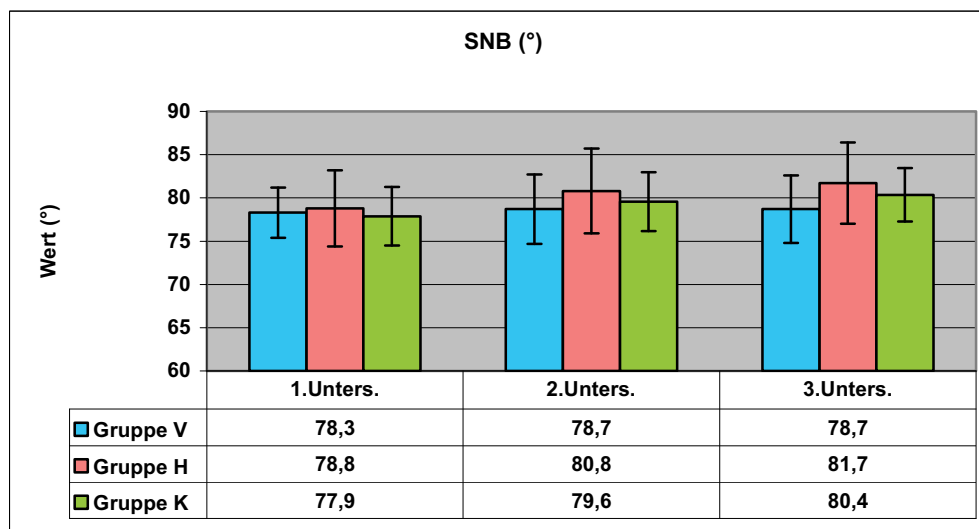


Abb. 20: Winkel SNB. Es bestehen keine signifikanten Differenzen

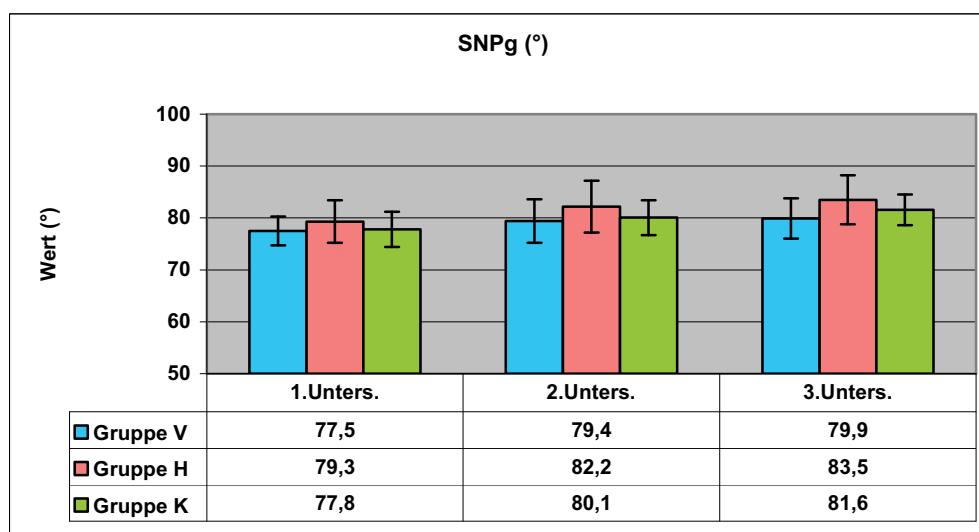


Abb. 21: Winkel SNPg. Es bestehen keine signifikanten Differenzen

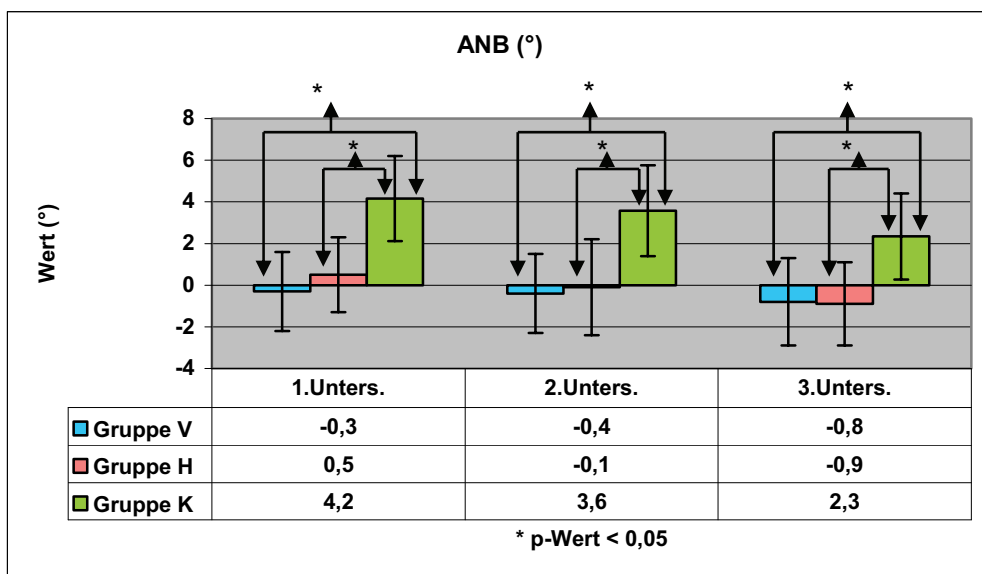


Abb. 22: Winkel ANB

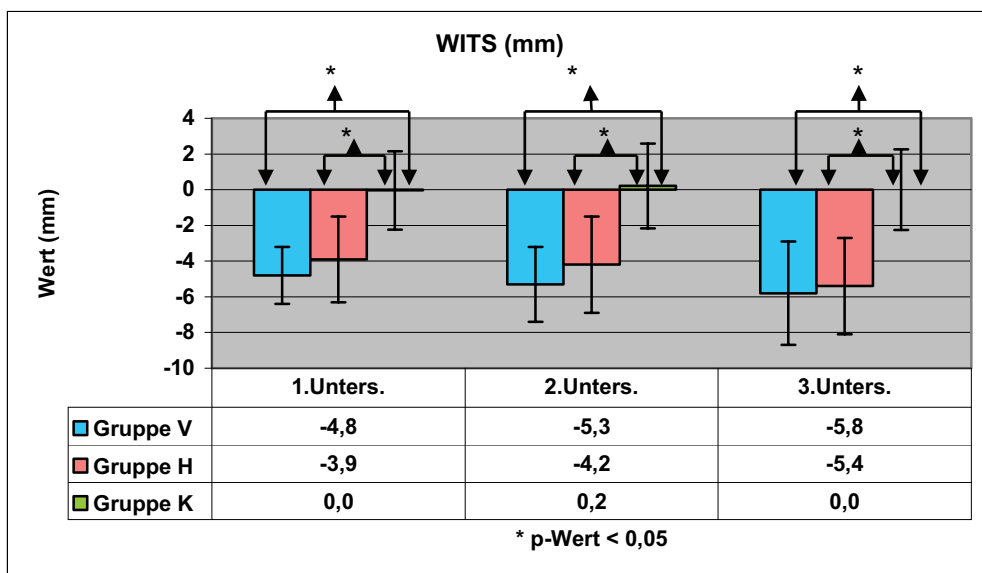


Abb. 23: Wits-Wert

4.2.1.7. Metrische Analyse 1. Untersuchung

Vergleich Gruppe H mit Gruppe V:

Es liegt ein signifikanter Unterschied der Länge der beiden Kiefer zugunsten der horizontalen Gruppe vor. Die Schädelbasislänge unterscheidet sich nicht signifikant (Abb. 24-26).

Während in beiden Gruppen die Differenzen zum Sollwert für den Oberkiefer gleich groß sind (Gruppe H $-3,3$ mm, Gruppe V $-3,7$ mm), entspricht in der horizontalen Gruppe der Ist-Wert für den Unterkiefer nahezu dem Sollwert. In der Gruppe „Vertikal“ entspricht die Differenz im Unterkiefer der des Oberkiefers (Diff. OK $-3,7$ mm, Diff. UK $-3,9$ mm) (Anhang: Tab. 44).

Vergleich Gruppe V mit Gruppe K:

Der Oberkiefer in der Progeniegruppe ist zu diesem Zeitpunkt signifikant kürzer. Die Schädelbasis- und Unterkieferlänge sind mit denen der Kontrollgruppe vergleichbar (Abb. 24-26) (Anhang: Tab. 45). Das heißt, dass metrisch für die vertikale Progenie eher die kurze Oberkieferlänge als die lange Unterkieferlänge eine Rolle spielt.

Vergleich Gruppe H mit Gruppe K:

Ein signifikanter Unterschied zugunsten der Progeniegruppe ist bei der Länge der Schädelbasis und des Unterkiefers festzustellen. Die Oberkieferlänge ist nicht signifikant verschieden (Abb. 24-26) (Anhang: Tab. 46). Sie unterscheidet sich aber in der Differenz zum Sollwert um $-3,3$ mm in der Progeniegruppe, und nur $-1,3$ mm in der Kontrollgruppe (Anhang: Tab. 46). Nur in der Gruppe „Horizontale Progenie“ ist ein Entwicklungsvorsprung der Unterkieferlänge bereits zu diesem 1. Untersuchungszeitpunkt deutlich.

4.2.1.8. Metrische Analyse 2. Untersuchung

Vergleich Gruppe H mit Gruppe V:

Die Oberkieferlänge ist in der Gruppe „Vertikale Progenie“ signifikant kleiner. Die Differenz zum Sollwert ist ebenfalls zugunsten der horizontalen Progeniegruppe (Gruppe H $-2,1$ mm, Gruppe V $-3,6$ mm) (Anhang: Tab. 47). Eine Längenzunahme der Oberkieferlänge um $4,4$ mm in der Gruppe H übertrifft die der Gruppe V ($3,7$ mm) (Abb. 24-26). Die Probanden der horizontalen Progeniegruppe haben einen signifikant längeren Unterkiefer.

Die Differenz zum Sollwert beträgt in der Gruppe V nur 1 mm, während in der Gruppe H eine Differenz von 5,3 mm festzustellen ist (Anhang: Tab. 47). Dies bestätigt, dass die Länge des Unterkiefers in der horizontalen Progeniegruppe eine wichtige Rolle spielt, während sich in der vertikalen Progeniegruppe eher eine kurze Oberkieferlänge befindet. Die Schädelbasislänge unterscheidet sich in den beiden Gruppen nicht signifikant (Abb. 24-26).

Vergleich Gruppe V mit Gruppe K:

Die Schädelbasislänge ist in der vertikalen Progeniegruppe signifikant größer. Die Längen der beiden Kiefer unterscheiden sich nicht signifikant (Abb. 24-26).

Obwohl die Differenz zum Sollwert der Oberkieferlänge in der vertikalen Progeniegruppe -3,6 mm beträgt (in der Kontrollgruppe 0,8 mm) (Anhang: Tab. 48), ist eine vergleichbare Längenzunahme festzustellen (Gruppe V 3,7 mm, Gruppe K 3,24 mm) (Abb. 24-26). Die gemessene Unterkieferlänge übertraf den Sollwert mit 1 mm in der Gruppe V und mit 2,24 mm in der Gruppe K (Anhang: Tab. 48). Eine positive Wirkung des Behandlungsmittels auf beide Kiefer ist am Ende der Therapie erkennbar.

Vergleich Gruppe H mit Gruppe K:

Sowohl die Schädelbasislänge, als auch die Länge der beiden Kiefer sind zugunsten der Progeniegruppe „Horizontal“ signifikant größer (Abb. 24-26) (Anhang: Tab. 49).

Mit einer Oberkieferlängenzunahme von 4,4 mm in der horizontalen Progeniegruppe, gegenüber von 3,24 mm in der Kontrollgruppe, ist eine sagittale Nachentwicklung des Oberkiefers mittels des Funktionsreglers Typ III nachweisbar.

Zu diesem Zeitpunkt der Untersuchung ist die Zunahme der Unterkieferlänge in der Gruppe H (10,3 mm) größer als in der Gruppe K (8,08 mm).

4.2.1.9. Metrische Analyse 3. Untersuchung

Vergleich Gruppe H mit Gruppe V:

Die Länge der beiden Kiefer ist in der horizontalen Progeniegruppe signifikant größer. Die Schädelbasislänge unterscheidet sich nicht signifikant (Abb. 24-26).

Der Oberkiefer hat in den beiden Gruppen an Länge zugenommen (Gruppe H 5,1 mm, Gruppe V 4,4 mm). Die vertikale Progeniegruppe weist eine größere Differenz zum

Sollwert (-4,2 mm) im Vergleich zu der horizontalen Progeniegruppe (-2,7 mm) aus (Anhang: Tab. 50). Die Längenzunahme beträgt in der Gruppe „Horizontale Progenie“ 14,7 mm, in der Gruppe „Vertikale Progenie“ 13,1 mm. Die Differenz zum Sollwert ist in der Gruppe H mit 6,8 mm wesentlich größer als in der Gruppe V (1,9 mm) (Anhang: Tab. 50).

Vergleich Gruppe V mit Gruppe K:

Die Schädelbasislänge ist in den beiden Gruppen nahezu gleich und unterscheidet sich nicht signifikant. Der Oberkiefer ist in der Kontrollgruppe signifikant länger. Im Vergleich der Längenzunahme, ist eine nur um 1 mm größere Zunahme in der Kontrollgruppe festzustellen. Der Unterkiefer ist in dieser Progeniegruppe signifikant kleiner (Abb. 24-26) (Anhang: Tab. 51).

Er hat sich in der Kontrollgruppe um 15,8 mm verlängert. Dagegen ist nur eine Zunahme von 13,1 mm in der Gruppe V gemessen worden. Die hemmende Wirkung des Funktionsreglers Typ III auf den Unterkiefer ist damit bestätigt.

Vergleich Gruppe H mit Gruppe K:

Sowohl die Schädelbasis, als auch der Unterkiefer sind zugunsten der horizontalen Progeniegruppe signifikant länger. Eine größere Unterkieferlängenzunahme ist jedoch in der Kontrollgruppe zu finden (Gruppe K 15,8 mm, Gruppe H 14,7 mm). Die Oberkieferlänge unterscheidet sich in den beiden Gruppen nicht signifikant, und ist in der Gruppe H durchschnittlich größer. Die Längenzunahme ist in den beiden Gruppen ähnlich (Abb. 24-26) (Anhang: Tab. 52).

Auch in der horizontalen Progeniegruppe ist die therapeutische Wirkung des Behandlungsmittels deutlich.

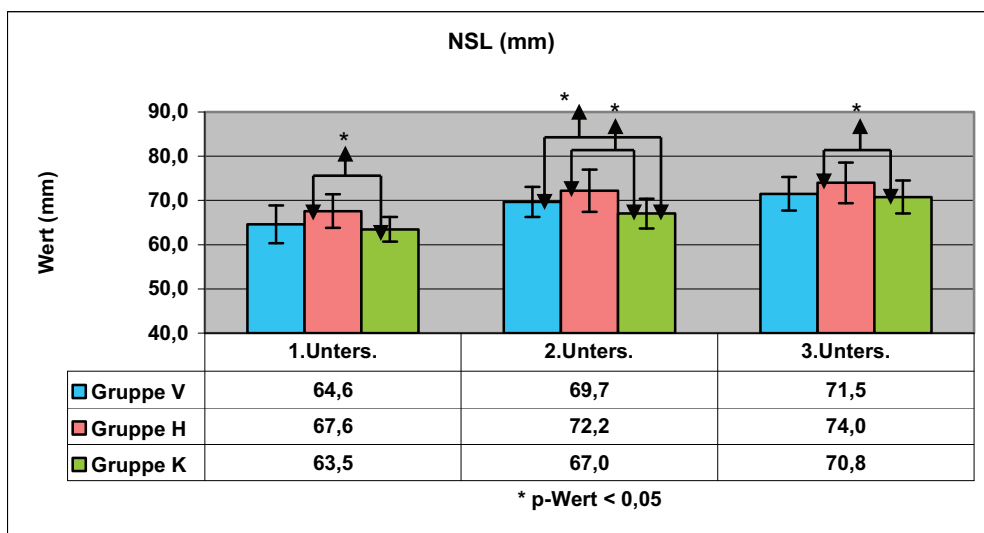


Abb. 24: Schädelbasislänge

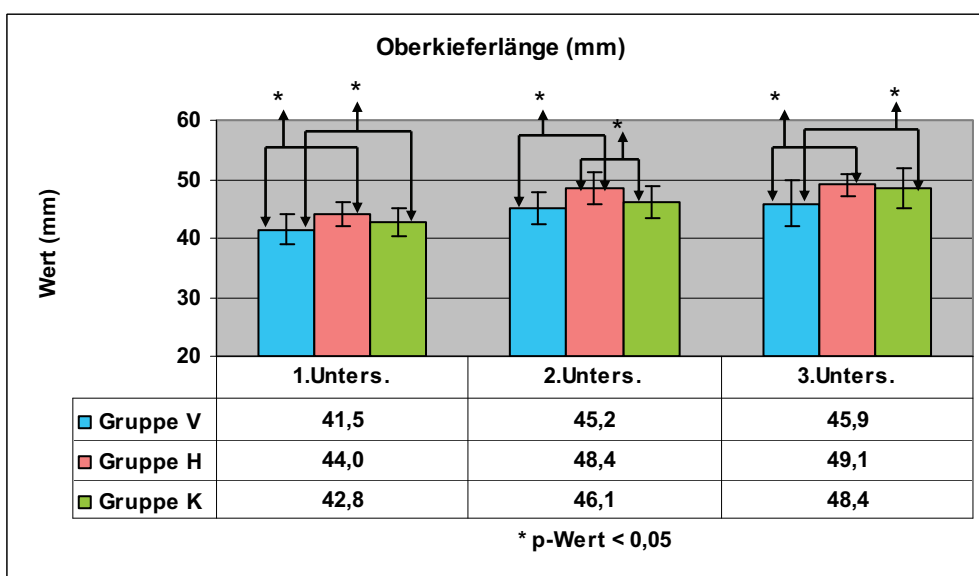


Abb. 25: Oberkieferlänge

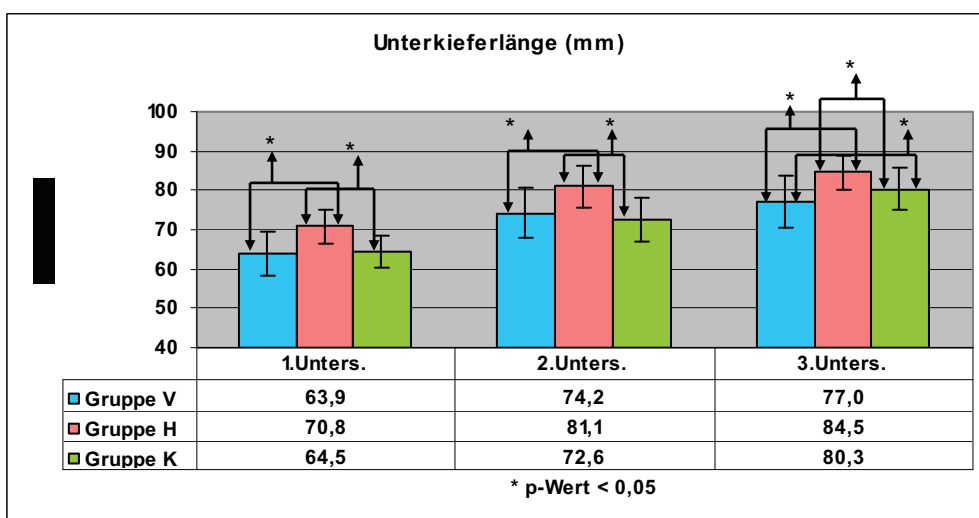


Abb. 26: Unterkieferlänge

4.2.1.10. Dentale Analyse 1. Untersuchung

Vergleich Gruppe H mit Gruppe V:

Lediglich die Inklination der unteren Inzisivi zur Mandibularebene unterscheidet sich in den beiden Untersuchungsgruppen signifikant. Die unteren Schneidezähne in der vertikalen Progeniegruppe sind im Sinne einer dentalen Kompensation der skelettalen Klasse III retrudiert. Die oberen Schneidezähne in der Gruppe „Horizontale Progenie“ weisen eine annähernd regelrechte Inklination und Position aus. Die unteren Inzisivi sind dagegen leicht retrudiert und retropositioniert (Abb. 27-32) (Anhang: Tab. 53).

Vergleich Gruppe V mit Gruppe K:

Der Winkel der oberen Schneidezähne zur Linie SN (OK1-SN) ist im Vergleich der Progenie- und der Kontrollgruppe signifikant unterschiedlich. Der Wert weist eine in der vertikalen Progeniegruppe protrudierte Front auf. Zur NA-Linie stehen die oberen Schneidezähne in der Untersuchungsgruppe regelrecht. Mit einer Position der oberen Inzisivi von 2 mm stehen diese zum Normwert (4 mm) signifikant retropositioniert. Die Werte für die Stellung der Inzisivi im Unterkiefer sind ebenfalls signifikant unterschiedlich. Der Winkel UK1-ML beträgt in der Gruppe V 84,4°. Das ist eine Differenz von 5,6° zum Normwert und macht eine Kompensation der skelettalen Klasse III deutlich. Auch zur NB-Linie stehen die unteren Schneidezähne, trotz der posterioren Rotation des Unterkiefers, retrudiert und retropositioniert (Abb. 27-32) (Anhang: Tab. 54). Schon zum Anfang der Untersuchung ist die dentale Kompensation, verstärkt im Unterkiefer, deutlich.

Vergleich Gruppe H mit Gruppe K:

Die Inklination der oberen Schneidezähne der Untersuchungsgruppe, dargestellt anhand der Winkel OK1-NSL und OK1-NA, entsprechen mit 101,4° bzw. 22,1° dem Normwert. Die Position (OK1-Na mm) ist jedoch signifikant verschieden.

Wie in der Gruppe V, stehen die oberen Inzisivi in der Gruppe H retropositioniert (2,3 mm) im Vergleich zum Normwert (4 mm). Die geringe Retroposition im Oberkiefer in beiden Progeniegruppen entspricht der retrognathen Lage der Maxilla. Eine Stellung der unteren Inzisivi zur Mandibularebene (UK1-ML) von 89,8° ist in der horizontalen Progeniegruppe im Normbereich und unterscheidet sich vom Normwert nicht signifikant. Bei der Analyse nach Steiner (UK1-NB°, UK1-NB mm) wird jedoch eine signifikante Retrusion bzw. Retroposition

der unteren Schneidezähne in der Untersuchungsgruppe auf $20,5^\circ$ bzw. $2,2^\circ$ (Abb. 27-32) deutlich. Eine dentale Kompensation der skelettalen Anomalie ist damit schon zum Anfang der Untersuchung deutlich. Der Interinzisalwinkel ist in der Gruppe H ebenfalls signifikant größer und spiegelt die dentale Kompensation im Unterkiefer in der Progeniegruppe wieder (Abb. 27-32) (Anhang: Tab. 55).

4.2.1.11. Dentale Analyse 2. Untersuchung

Vergleich Gruppe H mit Gruppe V:

Zu diesem Zeitpunkt bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Untersuchungsgruppen (Abb. 27-32) (Anhang: Tab. 56). Im Vergleich der Durchschnittswerte findet eine stärkere Änderung der Stellung der oberen Inzisivi in der Gruppe V statt, dagegen ist die Änderung der Stellung der unteren Inzisivi in der Gruppe H am stärksten. Für den Winkel OK1-NSL in der Gruppe „Vertikale Progenie“ beträgt die Differenz zum Anfangswert von $5,4^\circ$ und $3,7^\circ$ in der Gruppe „Horizontale Progenie“. Der Winkel OK1-NA ist in der Gruppe V zu diesem Zeitpunkt mit $5,2^\circ$ größer als der Wert zur 1. Untersuchung, in der Gruppe H beträgt die Differenz lediglich $2,8^\circ$. Ebenfalls verhält sich die Position der oberen Schneidezähne (OK1-NA mm). In der Gruppe V vergrößerte sich dieser Wert um 3,6 mm, in der Gruppe H dagegen um 1,9 mm. Zusammenfassend hat eine stärkere Protrusion und Anteposition in der vertikalen Progeniegruppe stattgefunden. Im Unterkiefer haben sich die Schneidezähne in der Gruppe V in ihrer Stellung kaum geändert im Vergleich zur 1. Untersuchung. In der Gruppe H erfuhr die untere Front dagegen eine leichte Retrusion (Abb. 27-32). Das bedeutet, dass das Behandlungsmittel eine vom Rotationsmuster abhängige unterschiedliche Reaktion bewirkt.

Vergleich Gruppe V mit Gruppe K:

Die Inklination der Oberkieferschneidezähne zeigt nach der Funktionsreglerbehandlung mit $105,1^\circ$ eine Aufrichtung um $5,4^\circ$. Es besteht eine leichte Protrusion.

Die Auswertung des Schneidezahnwinkels nach Steiner (OK1-NA $^\circ$) bestätigt eine Protrusion von $5,2^\circ$ in der Progeniegruppe. Der Messwert für die Position der oberen Schneidezähne zur Linie NA beträgt für die vertikale Progeniegruppe 5,6 mm und bedeutet eine leichte Anteposition. Die Inklination der unteren Inzisivi ist sowohl zur Mandibularebene (UK1-ML), als auch zur NB-Linie (UK1-NB $^\circ$) in der Untersuchungsgruppe „Vertikal“ im Vergleich

zum Normwert signifikant retrudiert. Der Wert für die Position der unteren Schneidezähne zur Linie NB unterscheidet sich jedoch nicht signifikant. Der Interinzisalwinkel ist in der Gruppe V mit dem Normwert identisch (Abb. 27-32) (Anhang: Tab. 57) und entspricht der dentalen Kompensation in Ober- und Unterkiefer.

Vergleich Gruppe H mit Gruppe K:

Unter der Behandlung mit dem Funktionsregler Typ III kam es zu einer leichten Protrusion der oberen Schneidezähne. Die Winkel OK1-NSL ($105,6^\circ$) und OK1-NA° ($24,9^\circ$) unterscheiden sich vom Normwert signifikant. Die Position der oberen Inzisivi (OK1-NA mm) liegt mit 4,2 mm im Normbereich. Die Werte der Inklination und Position der unteren Schneidezähne sind im Vergleich zum Normwert signifikant kleiner. Der Winkel UK1-ML° ist in der Progeniegruppe „Horizontal“ mit $87,7^\circ$ kleiner und drückt eine leichte Retrusion der unteren Front aus. Zur Linie NB stehen die unteren Inzisivi aber mit $17,9^\circ$ und 1,9 mm mäßig retrudiert und retropositioniert. Diese Stellung ist durch die anteriore Rotation der Mandibula bei den Patienten der horizontalen Progeniegruppe zu erklären. Der Interinzisalwinkel ist in der Progeniegruppe mit $137,3^\circ$ signifikant größer als der Normwert. Auch er ist Ausdruck einer mäßigen dentalen Kompensation (Abb. 27-32) (Anhang: Tab. 58).

4.2.1.12. Dentale Analyse 3. Untersuchung

Vergleich Gruppe H mit Gruppe V:

Die Inklination und Position der Schneidezähne in den beiden Progeniegruppen sind zu diesem Untersuchungszeitpunkt ähnlich und unterscheiden sich nicht signifikant (Abb. 27-32) (Anhang: Tab. 59). Eine stärkere Protrusion der oberen Front hat in der horizontalen Progeniegruppe stattgefunden. Der Winkel OK1-NSL beträgt in der Gruppe H mit $108,3^\circ$ eine Differenz zum Anfangswert von $7,9^\circ$, in der Gruppe V beträgt die Differenz $6,9^\circ$.

Zur NA-Linie besteht eine Anteinklination der oberen Inzisivi, die in der Gruppe V durchschnittlich stärker auffällt (Gruppe H $27,5^\circ$; Gruppe V $28,6^\circ$). Mit einer Position der oberen Front zur NA-Linie von 5,5 mm für Gruppe H und 6,8 mm für Gruppe V ist eine Anteposition zu beobachten. Nach der aktiven Behandlungsphase (2. Untersuchung) bis zur Nachkontrolle (3. Untersuchung) ist kaum eine Änderung der Stellung der unteren Inzisivi in beiden Progeniegruppen eingetreten (Abb. 27-32).

Vergleich Gruppe V mit Gruppe K:

Die Stellung der beiden Fronten ist in der Untersuchungsgruppe im Vergleich zum Normwert signifikant verschieden (Abb. 27-32) (Anhang: Tab. 60).

Die Inklination der oberen Schneidezähne ($OK1-NSL^\circ$, $OK1-NA^\circ$) ist mit $106,6^\circ$ bzw. $28,6^\circ$ mäßig protrudiert. Eine Position von 6,8 mm zur NA-Linie bedeutet eine mäßige Anteposition. Die unteren Schneidezähne stehen mit $84,6^\circ$ ($UK1-ML^\circ$) bzw. $19,7^\circ$ ($UK1-NB$) ebenfalls mäßig retrudiert. Die Position der unteren Inzisivi zur NB-Linie liegt im Normbereich und bedeutet eine Orthoposition. Auch der Interinzisalwinkel ist mit $132,5^\circ$ normgerecht.

Eine mäßige dentale Kompensation hat in der Gruppe V stattgefunden.

Vergleich Gruppe H mit Gruppe K:

Bei der horizontalen Progeniegruppe unterscheiden sich alle Werte der dentalen Analyse ebenfalls signifikant zu den Normwerten. Mit Protrusion der oberen und Retrusion der unteren Inzisivi ist wiederum eine mäßige dentale Kompensation der skelettalen Klasse III in der horizontalen Progeniegruppe festzustellen (Abb. 27-32) (Anhang: Tab. 61).

Die Inklination der unteren Schneidezähne zur Mandibularebene bzw. zur Linie NB haben sich nach der Therapie wenig geändert. Mit $87,3^\circ$ entspricht der Winkel $UK1-ML$ dem Wert zur 2. Untersuchung ($87,7^\circ$). Der $UK1-NB$ Winkel mit $16,7^\circ$ ist vom Wert zur 2. Untersuchung ($17,9^\circ$) geringfügig abweichend. Die Position der unteren Front ($UK1-NB$ mm) blieb mit 1,9 mm unverändert.

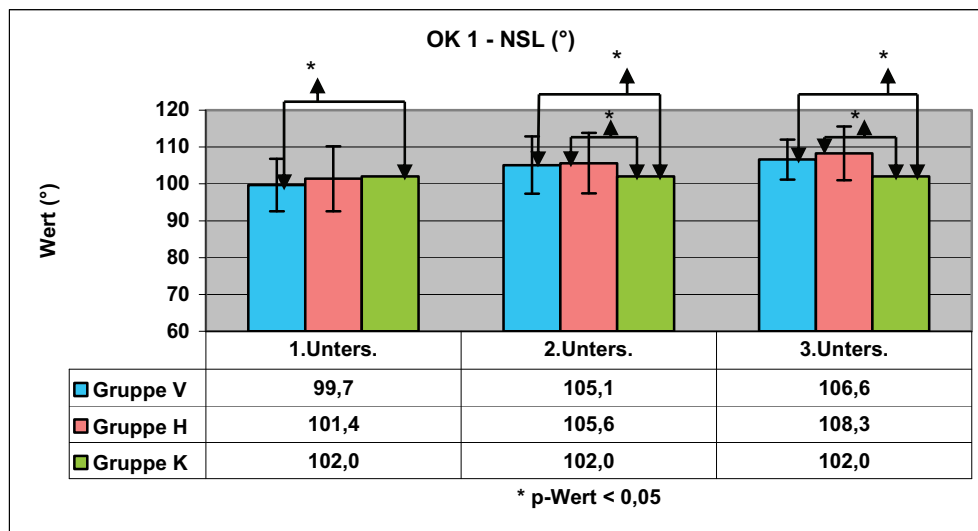


Abb. 27: Inklination der oberen Schneidezähne zur Schädelbasis

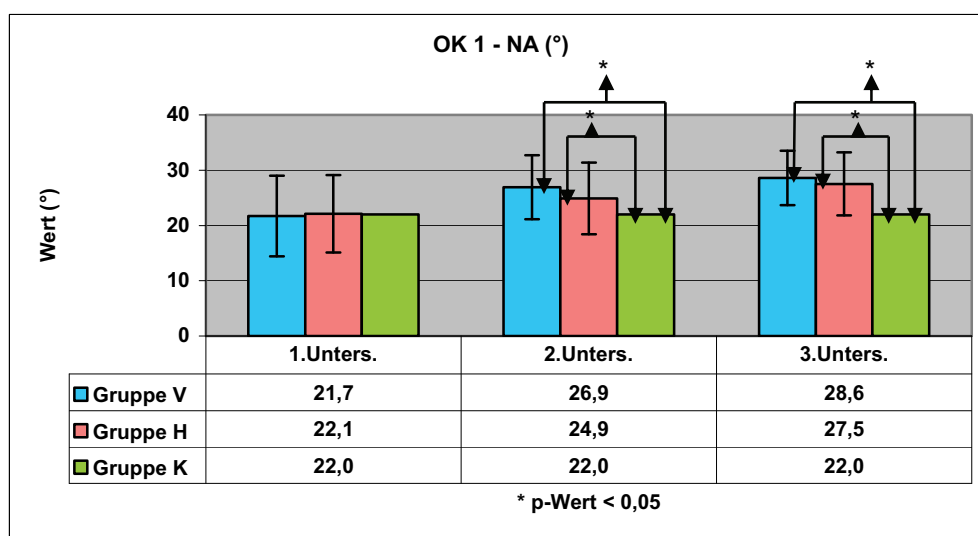


Abb. 28: Inklination der oberen Schneidezähne zur NA-Linie

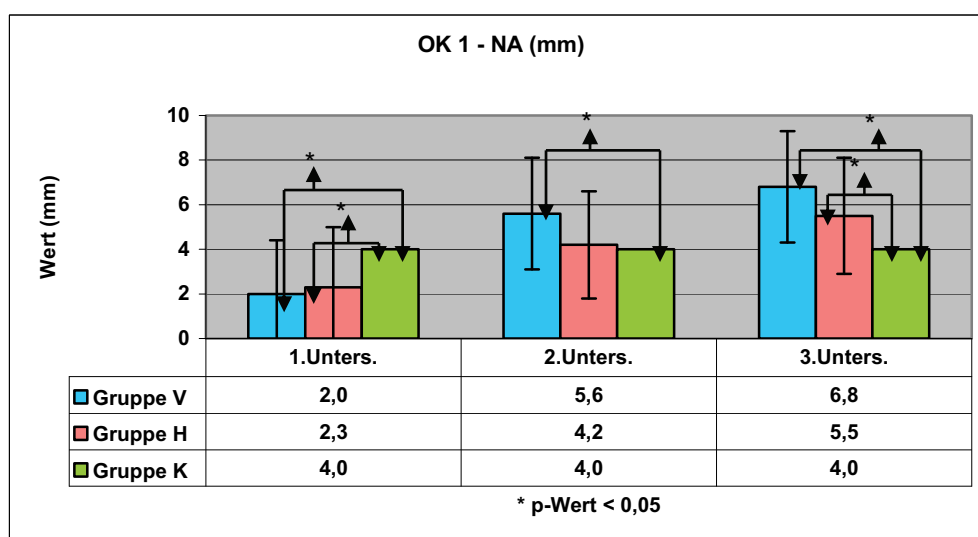


Abb. 29: Position der oberen Schneidezähne

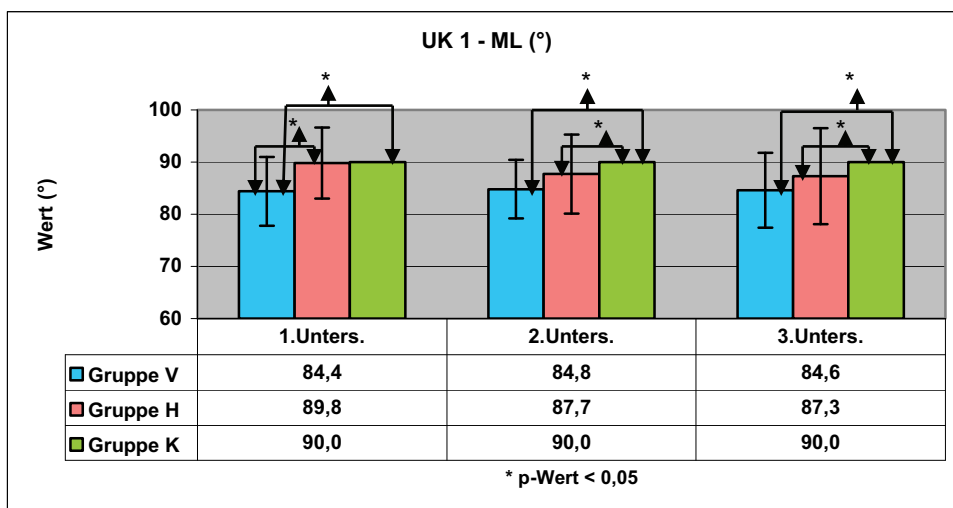


Abb. 30: Inklination der unteren Schneidezähne zur ML-Linie

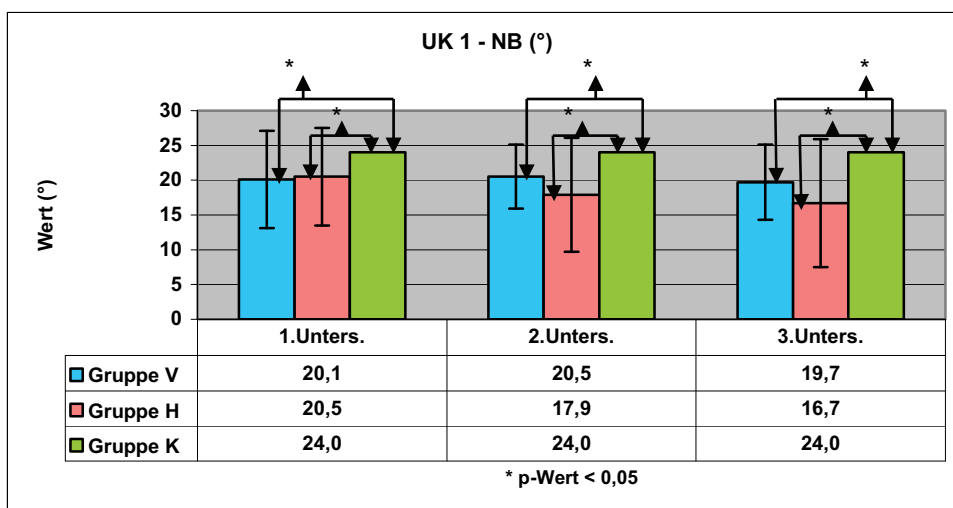


Abb. 31: Inklination der unteren Schneidezähne zur NB-Linie

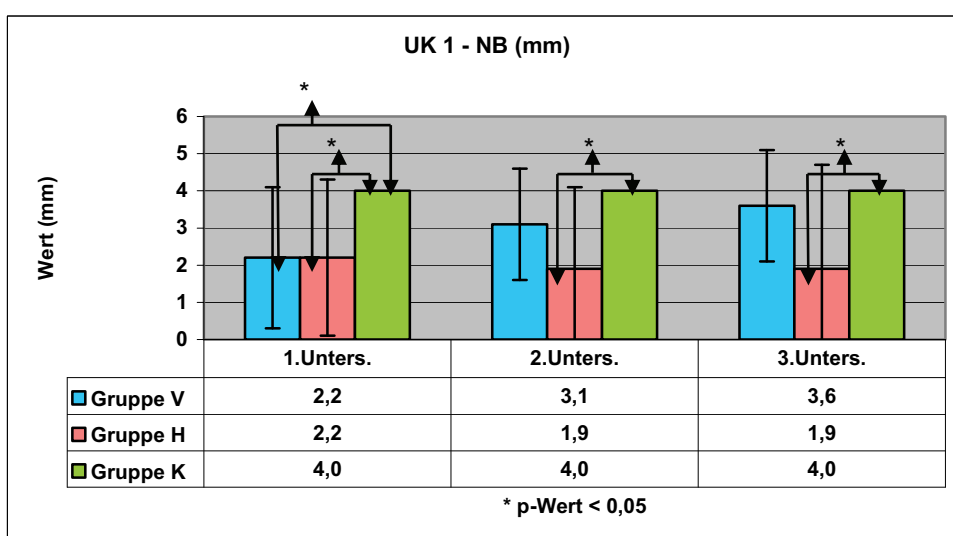


Abb. 32: Position der unteren Schneidezähne

4.2.2. Bewertung des Behandlungserfolges (Längsschnittuntersuchung) nach der Kephhalometrie

4.2.2.1. Vertikale Analyse

Gruppe K:

Im Laufe des Wachstums erfuhr der Unterkiefer in der Kontrollgruppe eine deutliche Anterotation. Zur 2. Untersuchung verkleinerten sich folgende Winkel signifikant: ML-NSL um $2,3^\circ$, ML-NL um $2,9^\circ$ und ArGoMe um $2,8^\circ$. Das Verhältnis zwischen der hinteren und vorderen Gesichtshöhe (FHR) hat sich zur 2. Untersuchung um 2,5% signifikant vergrößert, was für eine Rotation entgegen dem Uhrzeigersinn spricht. Der untere Gonionwinkel (NGoMe) und der Index änderten sich zu diesem Zeitpunkt (2. Untersuchung) nicht signifikant. Ebenfalls ohne signifikante Änderungen bleiben die Winkel NSBa und NL-NSL. (Tab. 4)

Die anteriore Rotation verstärkte sich zur 3. Untersuchung weiter. Die Inklination des Unterkiefers zur Schädelbasis (ML-NSL) zeigte einen signifikanten Unterschied von $-4,4^\circ$, der Interbasiswinkel (ML-NL) verkleinerte sich signifikant um 5° und der Kieferwinkel (ArGoMe) ist ebenfalls um $6,5^\circ$ signifikant kleiner geworden. Der Unterschied zwischen den Werten des unteren Gonionwinkels (NGoMe) zur 1. und 3. Untersuchung ist signifikant geworden. Zum Zeitpunkt der 3. Untersuchung verkleinerte sich dieser Winkel um $1,9^\circ$. Das Gesichtshöhenverhältnis (FHR) vergrößerte sich ebenfalls signifikant um 4,6 %. Der Index zeigte zu diesem Untersuchungszeitpunkt (3. Untersuchung) einen signifikanten Unterschied von -1,8 %. Der Schädelbasisknickungswinkel (NSBa) und die Inklination des Oberkiefers zur Schädelbasis sind auch zur Nachkontrolle (3. Untersuchung) nicht signifikant verschieden zu den Werten der 1. Untersuchung. (Tab. 5)

Parameter	1. Untersuchung		2. Untersuchung		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
NSBa (°)	131,16	4,60	130,83	4,62	0,584
NL-NSL (°)	6,59	3,43	7,15	3,52	0,217
ML-NSL (°)	33,85	4,11	31,56	4,68	< 0,001
ML-NL (°)	27,29	4,07	24,41	5,08	< 0,001
ArGoMe (°)	127,8	5,25	125	6,47	< 0,001
NGoMe (°)	73,19	3,26	72,54	4,07	0,16
FHR (%)	64,87	3,45	67,4	3,9	< 0,001
Index (%)	81,66	5,7	83,02	6,58	0,083

Tab. 4: Vergleich der vertikalen Analyse innerhalb der Gruppe K, 1. mit 2. Untersuchung

Parameter	1. Untersuchung		3. Untersuchung		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
NSBa (°)	131,16	4,60	131,01	4,16	0,8
NL-NSL (°)	6,59	3,43	7,17	3,18	0,193
ML-NSL (°)	33,85	4,11	29,47	4,93	< 0,001
ML-NL (°)	27,29	4,07	22,31	5,57	< 0,001
ArGoMe (°)	127,8	5,25	121,33	7,66	< 0,001
NGoMe (°)	73,19	3,26	71,32	5,02	< 0,001
FHR (%)	64,87	3,45	69,5	4,04	< 0,001
Index (%)	81,66	5,7	79,85	6,66	0,024

Tab. 5: Vergleich der vertikalen Analyse innerhalb der Gruppe K, 1. mit 3. Untersuchung

Gruppe H:

Zum Zeitpunkt der 2. Untersuchung ist lediglich die Gesichtshöhenrelation (FHR) signifikant verschieden. Der Wert hat sich um 3,1 % vergrößert, und zeigt eine Vergrößerung der hinteren Gesichtshöhe. Alle anderen Parameter änderten sich zu diesem Zeitpunkt nicht signifikant. Durchschnittlich zeigt sich jedoch ein Trend in Richtung anteriorer Rotation. Der Interbasiswinkel verkleinerte sich um 1,6° (p-Wert 0,069).

Der Kieferwinkel (ArGoMe) ist um 4,1° kleiner geworden (p-Wert 0,067). Die Inklination des Oberkiefers zur Schädelbasis blieb quasi unverändert. (Tab. 6)

Die Anteinklination des Unterkiefers wird zum Zeitpunkt der 3. Untersuchung deutlicher. Der ML-NSL Winkel ist mit 4° signifikant kleiner als der Anfangswert. Der Basiswinkel verkleinerte sich signifikant um 3,2°. Der Kieferwinkel zeigte einen signifikanten Unterschied von -5,2°. Die FHR vergrößerte sich weiter und weist einen signifikanten Unterschied von 4,5 %. Die Unterschiede der Winkel NSBa, NL-NSL und NGoMe blieben weiterhin nicht signifikant. Ebenfalls nicht signifikant ist die Änderung im Index. (Tab. 7)

Insgesamt verhielt sich diese Gruppe sehr ähnlich zur Kontrollgruppe.

Parameter	1. Untersuchung		2. Untersuchung		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
NSBa (°)	133,8	6,7	132,8	6,1	0.697
NL-NSL (°)	9,2	2,9	9,3	4,2	0.935
ML-NSL (°)	31,8	3,2	29,3	4,4	0.144
ML-NL (°)	22,6	2,1	20,0	4,0	0.069
ArGoMe (°)	125,4	5,2	121,3	4,7	0.067
NGoMe (°)	70,4	3,5	70,0	3,6	0.808
FHR (%)	64,6	2,6	67,7	3,9	0.038
Index (%)	89,6	10,3	90,2	11,1	0.888

Tab. 6: Vergleich der vertikalen Analyse innerhalb der Gruppe H, 1. mit 2. Untersuchung

Parameter	1. Untersuchung		3. Untersuchung		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
NSBa (°)	133,8	6,7	131,1	6,1	0.333
NL-NSL (°)	9,2	2,9	8,3	3,6	0.536
ML-NSL (°)	31,8	3,2	27,8	3,7	0.013
ML-NL (°)	22,6	2,1	19,4	3,7	0.024
ArGoMe (°)	125,4	5,2	120,2	5,0	0.026
NGoMe (°)	70,4	3,5	69,3	3,0	0.457
FHR (%)	64,6	2,6	69,1	3,2	0.002
Index (%)	89,6	10,3	88,1	11,3	0.747

Tab. 7: Vergleich der vertikalen Analyse innerhalb der Gruppe H, 1. mit 3. Untersuchung

Gruppe V:

Bei der vertikalen Analyse zeigen sich keine signifikanten Unterschiede im gesamten Beobachtungszeitraum. Eine weitere Rotation im Uhrzeigersinn der Gesichtsschädelstrukturen wird unter der Behandlung mit dem Funktionsregler Typ III somit verhindert. Durchschnittlich ist sogar eine Inklination entgegen des Uhrzeigersinns zu beobachten, die mit leichtem Trend bei Kieferwinkel (ArGoMe) und der Relation der hinteren zur vorderen Gesichtshöhe (FHR) zum Zeitpunkt der 3. Untersuchung bestätigt wird. Der Kieferwinkel (ArGoMe) verkleinerte sich zur Nachkontrolle um $3,4^\circ$ (p-Wert 0,08). Die Gesichtshöhenrelation (FHR) zeigte ebenfalls zur 3. Untersuchung, eine Differenz von 2,3 % (p-Wert 0,089) und deutet auf eine Vergrößerung der hinteren Gesichtshöhe hin. (Tab. 8 und 9)

Parameter	1. Untersuchung		2. Untersuchung		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
NSBa ($^\circ$)	132,6	4,1	131,8	4,6	0.616
NL-NSL ($^\circ$)	7,4	3,1	8,1	3,8	0.579
ML-NSL ($^\circ$)	37,4	3,6	37,0	5,7	0.831
ML-NL ($^\circ$)	30,0	3,3	29,0	5,6	0.522
ArGoMe ($^\circ$)	134,0	3,4	131,7	5,9	0.184
NGoMe ($^\circ$)	76,7	2,7	78,4	4,3	0.211
FHR (%)	61,6	3,1	63,2	4,5	0.234
Index (%)	79,7	7,6	79,7	6,5	0.998

Tab. 8: Vergleich der vertikalen Analyse innerhalb der Gruppe V, 1. mit 2. Untersuchung

Parameter	1. Untersuchung		3. Untersuchung		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
NSBa ($^\circ$)	132,6	4,1	132,3	4,9	0.881
NL-NSL ($^\circ$)	7,4	3,1	8,5	3,3	0.320
ML-NSL ($^\circ$)	37,4	3,6	36,3	5,4	0.517
ML-NL ($^\circ$)	30,0	3,3	27,8	6,0	0.209
ArGoMe ($^\circ$)	134,0	3,4	130,6	6,6	0.080
NGoMe ($^\circ$)	76,7	2,7	78,1	4,9	0.333
FHR (%)	61,6	3,1	63,9	4,3	0.089
Index (%)	79,7	7,6	79,5	7,8	0.934

Tab. 9: Vergleich der vertikalen Analyse innerhalb der Gruppe V, 1. mit 3. Untersuchung

Zusammenfassend gilt, dass die anteriore Rotation des Unterkiefers, die in der Kontrollgruppe zu beobachten ist, auch in der Progeniegruppe im Laufe der Behandlung stattgefunden hat. Dies spricht für den positiven Einfluss des Behandlungsmittels auf die Entwicklung des

dentoskelettalen Komplexes Progeniepatienten in der vertikalen Dimension durch die funktionelle Harmonisierung.

4.2.2.2. Sagittale Analyse

Gruppe K:

Zum Zeitpunkt der 2. Untersuchung sind alle Parameter der sagittalen Analyse, mit Ausnahme vom WITS-Wert, signifikant verschieden zu den Anfangswerten. Der SNA-Winkel vergrößerte sich um $1,12^\circ$. Der SNB Winkel ist um $1,7^\circ$ auf $79,58^\circ$ signifikant größer geworden. Dementsprechend verkleinerte sich der ANB-Winkel um $0,58^\circ$ ebenfalls signifikant. Die Kinnprominenz (SNPg) ist mit $80,07^\circ$ signifikant deutlicher geworden. Der Unterschied beträgt $2,27^\circ$. (Tab. 10)

Zur 3. Untersuchung erfuhr der SNA-Winkel eine Verkleinerung im Vergleich zum Wert der 2. Untersuchung. Der Unterschied zum Anfangswert ist deshalb nicht mehr signifikant.

Eine sagittale Entwicklung des N-Punktes (Nasion) könnte die Erklärung sein (Länge der anterioren Schädelbasis vergrößerte sich signifikant, siehe unten). Der SNB-Winkel vergrößerte sich dagegen weiter und ist mit $80,36^\circ$ signifikant größer geworden. Ebenfalls verhielt sich der SNPg-Winkel. Der Unterschied zum Anfangswert betrug zu diesem Zeitpunkt $3,77^\circ$. Der ANB-Winkel verkleinerte sich weiter. Zu diesem Zeitpunkt ist eine signifikante Verkleinerung von $1,82^\circ$ registriert worden. (Tab. 11)

Parameter	1. Untersuchung		2. Untersuchung		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
SNA ($^\circ$)	82,04	3,86	83,16	4,03	0,029
SNB ($^\circ$)	77,88	3,38	79,58	3,4	0,0002
ANB ($^\circ$)	4,16	2,04	3,58	2,18	0,034
WITS (mm)	-0,04	2,19	0,21	2,37	0,394
SNPg ($^\circ$)	77,8	3,37	80,07	3,37	< 0,001

Tab. 10: Vergleich der sagittalen Analyse innerhalb der Gruppe K, 1. mit 2. Untersuchung

Parameter	1. Untersuchung		3. Untersuchung		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
SNA ($^\circ$)	82,04	3,86	82,68	3,91	0,213
SNB ($^\circ$)	77,88	3,38	80,36	3,1	< 0,001
ANB ($^\circ$)	4,16	2,04	2,34	2,07	< 0,001
WITS (mm)	-0,04	2,19	0	2,26	0,892
SNPg ($^\circ$)	77,8	3,37	81,57	2,95	< 0,001

Tab. 11: Vergleich der sagittalen Analyse innerhalb der Gruppe K, 1. mit 3. Untersuchung

Gruppe H:

Zur 2. Untersuchung wurden keine signifikanten Unterschiede gemessen. (Tab. 12)

Mit 80,8° vergrößerten sich die Winkel SNA und SNB nicht signifikant um 1,2° bzw. 2°. Ebenfalls ist die Verkleinerung des ANB-Winkels von 0,6° nicht signifikant. Der WITS-Wert verkleinerte sich um 0,3 mm geringfügig und somit ist der Unterschied zum Anfangswert nicht signifikant. Der SNPg änderte sich zu diesem Zeitpunkt nicht signifikant.

Zur 3. Untersuchung änderten sich die Parameter SNA, SNB, ANB und WITS-Wert weiterhin nicht signifikant zu den Anfangswerten. Der SNPg vergrößerte sich jedoch signifikant um 4,2° und drückt eine deutliche Verstärkung der Kinnprominenz bei den Probanden der horizontalen Progeniegruppe aus (Tab. 13). Die nichtsignifikanten Veränderungen wesentlicher Parameter der sagittalen Analyse sind Ausdruck der erfolgreichen Therapie.

Parameter	1. Untersuchung		2. Untersuchung		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
SNA (°)	79,6	4,2	80,8	4,3	0.534
SNB (°)	78,8	4,4	80,8	4,9	0.325
ANB (°)	0,5	1,8	-0,1	2,3	0.506
WITS (mm)	-3,9	2,4	-4,2	2,7	0.754
SNPg (°)	79,3	4,1	82,2	5,0	0.145

Tab. 12: Vergleich der sagittalen Analyse innerhalb der Gruppe H, 1. mit 2. Untersuchung

Parameter	1. Untersuchung		3. Untersuchung		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
SNA (°)	79,6	4,2	80,8	4,1	0.515
SNB (°)	78,8	4,4	81,7	4,7	0.163
ANB (°)	0,5	1,8	-0,9	2,0	0.099
WITS (mm)	-3,9	2,4	-5,4	2,7	0.190
SNPg (°)	79,3	4,1	83,5	4,7	0.037

Tab. 13: Vergleich der sagittalen Analyse innerhalb der Gruppe H, 1. mit 3. Untersuchung

Gruppe V:

Die Unterschiede zwischen den Werten der 1. und 2. Untersuchungen sind geringfügig und nicht signifikant. (Tab. 14)

Ähnlich ist die Situation zur 3. Untersuchung zu beschreiben. Der SNA-Winkel blieb mit 78° unverändert. Der SNB-Winkel vergrößerte sich im ganzen Betrachtungszeitraum lediglich um $0,4^\circ$. Der Unterschied ist statistisch nicht signifikant. Der ANB verkleinerte sich um $0,5^\circ$, und zeigt somit keinen signifikanten Unterschied. Der WITS-Wert ist mit $-5,8$ mm ein Ausdruck der skelettalen Anomalie. Der Unterschied zum Anfangswert ist mit 1 mm jedoch nicht signifikant. Die Kinnprominenz (SNPg) ist zur 3. Untersuchung mit leichtem Trend (p-Wert $0,55$) um $2,4^\circ$ größer geworden. (Tab. 15)

Parameter	1. Untersuchung		2. Untersuchung		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
SNA ($^\circ$)	78,0	2,9	78,3	4,4	0.862
SNB ($^\circ$)	78,3	2,9	78,7	4,0	0.757
ANB ($^\circ$)	-0,3	1,9	-0,4	1,9	0.852
WITS (mm)	-4,8	1,6	-5,3	2,1	0.421
SNPg ($^\circ$)	77,5	2,8	79,4	4,2	0.153

Tab. 14: Vergleich der sagittalen Analyse innerhalb der Gruppe V, 1. mit 2. Untersuchung

Parameter	1. Untersuchung		3. Untersuchung		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
SNA ($^\circ$)	78,0	2,9	78,0	3,8	0.943
SNB ($^\circ$)	78,3	2,9	78,7	3,9	0.705
ANB ($^\circ$)	-0,3	1,9	-0,8	2,1	0.458
WITS (mm)	-4,8	1,6	-5,8	2,9	0.237
SNPg ($^\circ$)	77,5	2,8	79,9	3,9	0.055

Tab. 15: Vergleich der sagittalen Analyse innerhalb der Gruppe V, 1. mit 3. Untersuchung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich die Änderungen der sagittalen Entwicklung der beiden Kiefer in den beiden Untersuchungsgruppen im Laufe des gesamten Betrachtungszeitraums als nicht signifikant erwiesen. Da die sagittale Unterkieferentwicklung in der Kontrollgruppe jedoch statistisch signifikant war, ist eine hemmende Wirkung des Behandlungsmittels (Funktionsreglers Typ III) auf den Unterkiefer in den beiden Progeniegruppen deutlich zu beobachten.

4.2.2.3. Metrische Analyse

Gruppe K:

Zur 2. Untersuchung ist eine signifikante Längenzunahme der Schädelbasis und der beiden Kiefer beobachtet worden. Die Schädelbasis ist um 3,55 mm signifikant länger geworden. Der Oberkiefer vergrößerte sich um 3,24 mm auf 46,08 mm signifikant. Der Unterkiefer zeigte zu diesem Zeitpunkt eine deutliche Verlängerung um 8,08 mm. (Tab. 16)

Zur 3. Untersuchung verlängerten sich die Schädelbasis, der Oberkiefer und der Unterkiefer weiter signifikant. Eine Längenzunahme von 7,3 mm für die Schädelbasis, 5,5 mm für den Oberkiefer und 15,8 mm für den Unterkiefer sind statistische signifikant. (Tab. 17)

Parameter (mm)	1. Untersuchung		2. Untersuchung		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
SN	63,48	2,82	67,03	3,37	< 0,001
OK-Länge	42,84	2,4	46,08	2,67	< 0,001
UK-Länge	64,54	4,07	72,62	5,72	< 0,001

Tab. 16: Vergleich der metrischen Analyse innerhalb der Gruppe K, 1. mit 2. Untersuchung

Parameter (mm)	1. Untersuchung		3. Untersuchung		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
SN	63,48	2,82	70,78	3,74	< 0,001
OK-Länge	42,84	2,4	48,38	3,35	< 0,001
UK-Länge	64,54	4,07	80,31	5,42	< 0,001

Tab. 17: Vergleich der metrischen Analyse innerhalb der Gruppe K, 1. mit 3. Untersuchung

Gruppe H:

Zur 2. Untersuchung sind alle Parameter der metrischen Analyse signifikant größer geworden. Unter der Behandlung mit dem Funktionsregler Typ III sind die Schädelbasis um 4,6 mm, der Oberkiefer um 4,4 mm und der Unterkiefer um 10,3 mm signifikant länger geworden. (Tab. 18)

Zur 3. Untersuchung ist eine weitere signifikante Vergrößerung der 3 Parameter gemessen worden. Mit 6,4 mm für die Schädelbasis, 5,1 mm für den Oberkiefer und 14,7 mm für den Unterkiefer ist eine statistisch signifikante Längenzunahme bis zu der Nachkontrolle registriert worden (Tab. 19), die des Oberkiefers ist bemerkenswert.

Parameter (mm)	1. Untersuchung		2. Untersuchung		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
SN	67,6	3,8	72,2	4,8	0.021
OK-Länge	44,0	2,1	48,4	2,7	0.000
UK-Länge	70,8	4,4	81,1	5,4	0.000

Tab. 18: Vergleich der metrischen Analyse innerhalb der Gruppe H, 1. mit 2. Untersuchung

Parameter (mm)	1. Untersuchung		3. Untersuchung		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
SN	67,6	3,8	74,0	4,6	0.002
OK-Länge	44,0	2,1	49,1	1,9	0.000
UK-Länge	70,8	4,4	84,5	4,3	0.000

Tab. 19: Vergleich der metrischen Analyse innerhalb der Gruppe H, 1. mit 3. Untersuchung

Gruppe V:

Auch in dieser Gruppe sind alle Parameter der metrischen Analyse, sowohl zur 2. als auch zur 3. Analyse, signifikant größer geworden. Die Schädelbasis vergrößerte sich von 64,6 mm zum Anfang der Untersuchung auf 69,7 mm zur 2. Untersuchung und dann weiter auf 71,5 mm zur Nachkontrolle. Der Oberkiefer erfuhr eine Längenzunahme von 3,7 mm zur 2. und 4,4 mm zur 3. Untersuchung. Die Unterkieferlängenzunahme betrug zum Zeitpunkt der 2. Untersuchung 10,3 mm und zur Nachkontrolle 13,1 mm. (Tab. 20 und 21)

Parameter (mm)	1. Untersuchung		2. Untersuchung		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
SN	64,6	4,3	69,7	3,4	0.001
OK-Länge	41,5	2,4	45,2	2,7	0.000
UK-Länge	63,9	5,5	74,2	6,4	0.000

Tab. 20: Vergleich der metrischen Analyse innerhalb der Gruppe V, 1. mit 2. Untersuchung

Parameter (mm)	1. Untersuchung		3. Untersuchung		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
SN	64,6	4,3	71,5	3,8	0.000
OK-Länge	41,5	2,4	45,9	3,8	0.001
UK-Länge	63,9	5,5	77,0	6,5	0.000

Tab. 21: Vergleich der metrischen Analyse innerhalb der Gruppe V, 1. mit 3. Untersuchung

Zusammenfassend ergibt sich:

- Im gesamten Untersuchungszeitraum war die Zunahme der Oberkieferlänge in den 3 Gruppen vergleichbar.
- Die Unterkieferlängenzunahme ist mit 15,8 mm in der Kontrollgruppe am größten.
- Der Funktionsregler wirkt somit hemmend auf den Unterkiefer und stimulierend auf den Oberkiefer.

4.2.2.4. Dentale Analyse

Gruppe H:

Sowohl die Achsenstellung als auch die Position der Schneidezähne in beiden Kiefern ändern sich nicht signifikant unter der Behandlung mit dem Funktionsregler Typ III. Eine Ausnahme davon stellt die Position der oberen Inzisivi zur 3. Untersuchung dar. Die Therapie bewirkt in der horizontalen Progeniegruppe eine Anteposition der oberen Frontzähne. (Tab. 22 und 23)

Parameter	1. Untersuchung		2. Untersuchung		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
OK1-NSL (°)	101,4	8,8	105,6	8,2	0.259
OK1-NA (°)	22,1	7,0	24,9	6,5	0.336
OK1-NA (mm)	2,3	2,7	4,2	2,4	0.084
UK1-ML (°)	89,8	6,8	87,7	7,6	0.503
UK1-NB (°)	20,5	7,0	17,9	8,2	0.438
UK1-NB (mm)	2,2	2,1	1,9	2,2	0.754
Interinzisalwinkel (°)	137,0	10,4	137,3	11,5	0.949

Tab. 22: Vergleich der dentalen Analyse innerhalb der Gruppe H, 1. mit 2. Untersuchung

Parameter	1. Untersuchung		3. Untersuchung		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
OK1-NSL (°)	101,4	8,8	108,3	7,3	0.059
OK1-NA (°)	22,1	7,0	27,5	5,7	0.058
OK1-NA (mm)	2,3	2,7	5,5	2,6	0.011
UK1-ML (°)	89,8	6,8	87,3	9,2	0.463
UK1-NB (°)	20,5	7,0	16,7	9,2	0.287
UK1-NB (mm)	2,2	2,1	1,9	2,8	0.777
Interinzisalwinkel (°)	137,0	10,4	136,7	11,7	0.947

Tab. 23: Vergleich der dentalen Analyse innerhalb der Gruppe H, 1. mit 3. Untersuchung

Gruppe V:

Zur 2. Untersuchung standen die oberen Schneidezähne, im Vergleich zu den Anfangswerten, signifikant gering protrudiert und antepositioniert. Die Analyse nach Jarabak (OK1-NSL) zeigt mit 105,1° eine leichte Protrusion, verglichen mit dem Normwert (102°). Ebenfalls ist die Protrusion nach Steiner's Analyse (OK1-NA°) von 26,9° als mäßig zu bezeichnen. Der Abstand der Schneidekante von der NA-Linie blieb nahezu unverändert. (Tab. 24)

Zur 3. Untersuchung verstärkten sich die Protrusion und die Anteposition der oberen Front. Mit 106,6° zur Schädelbasis und 28,6° zur NA-Linie standen die oberen Inzisivi zur Anfangsstellung signifikant protrudiert. Die Position dieser Zähne ist zu diesem Zeitpunkt mit 6,8 mm ebenfalls signifikant vergrößert. Eine insgesamt mäßige Protrusion und Anteposition der oberen Front fand unter der Behandlung mittels des Funktionsreglers Typ III statt. Die Achsenstellung der unteren Schneidezähne blieb auch zu diesem Zeitpunkt nahezu unverändert. Die Position hat sich jedoch signifikant geändert. Mit 3,6 mm spricht der Wert für eine normgerechte Position und nicht mehr für Retroposition wie zum Anfang der Untersuchung (2,2 mm) (Tab. 25).

Parameter	1. Untersuchung		2. Untersuchung		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
OK1-NSL (°)	99,7	7,1	105,1	7,8	0.047
OK1-NA (°)	21,7	7,3	26,9	5,8	0.033
OK1-NA (mm)	2,0	2,4	5,6	2,5	0.000
UK1-ML (°)	84,4	6,6	84,8	5,6	0.836
UK1-NB (°)	20,1	7,0	20,5	4,6	0.826
UK1-NB (mm)	2,2	1,9	3,1	1,5	0.195
Interinzisalwinkel (°)	138,5	11,2	133,0	7,5	0.109

Tab. 24: Vergleich der dentalen Analyse innerhalb der Gruppe V, 1. mit 2. Untersuchung

Parameter	1. Untersuchung		3. Untersuchung		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
OK1-NSL (°)	99,7	7,1	106,6	5,4	0.004
OK1-NA (°)	21,7	7,3	28,6	4,9	0.003
OK1-NA (mm)	2,0	2,4	6,8	2,5	0.000
UK1-ML (°)	84,4	6,6	84,6	7,2	0.907
UK1-NB (°)	20,1	7,0	19,7	5,4	0.870
UK1-NB (mm)	2,2	1,9	3,6	1,5	0.035
Interinzisalwinkel (°)	138,5	11,2	132,5	7,8	0.085

Tab. 25: Vergleich der dentalen Analyse innerhalb der Gruppe V, 1. mit 3. Untersuchung

4.3. Ergebnisse der Tensoranalyse

Die Ergebnisse der Tensoranalyse (D1, D2 Größen- und Formänderungen) werden sowohl tabellarisch als auch graphisch dargestellt. Die Präsentation erfolgt mittels graphischer Darstellung und Tabellen. Numerische Angaben über Standardabweichungen und p-Werte erfolgen im Tabellenanhang. Die Richtung der Dilatationen (D1 und D2) und somit die Richtung des Wachstums wird in den Abbildungen der Dreiecke mit verschiedenen Farben für die 2. und 3. Untersuchung verdeutlicht. Die genauen Größen der Winkel α und β sind ebenfalls im Tabellenanhang zu finden. Die sechs Dreiecke, die die wachstums- und therapiebedingten Vorgänge im Gesichtsschädelbereich beschreiben, sind abgebildet.

Ein Vergleich der Änderungen zwischen den beiden Untersuchungsgruppen, aber auch zwischen der Kontrollgruppe und den Progeniegruppen wurde vorgenommen. Die wachstums- und therapiebedingten Änderungen werden immer im Bezug auf die Ausgangssituation (1. Untersuchung) ausgewertet. So werden die 2. Untersuchung (im Alter von 13 bis 14 Jahren) und die 3. Untersuchung (im Alter von 15 bis 16 Jahren) mit der 1. Untersuchung (im Alter von 7 bis 8 Jahren) verglichen. Die signifikanten Unterschiede werden angegeben.

4.3.1. Ergebnisse der Tensoranalyse für das Dreieck S.N.A

Das Dreieck S.N.A charakterisiert die Region zwischen der vorderen Schädelbasis und dem A-Punkt des Oberkiefers. Die Veränderungen in diesem Bereich sind für die anteriore Lagebeziehung des Oberkiefers zur Schädelbasis entscheidend (Abb. 33).

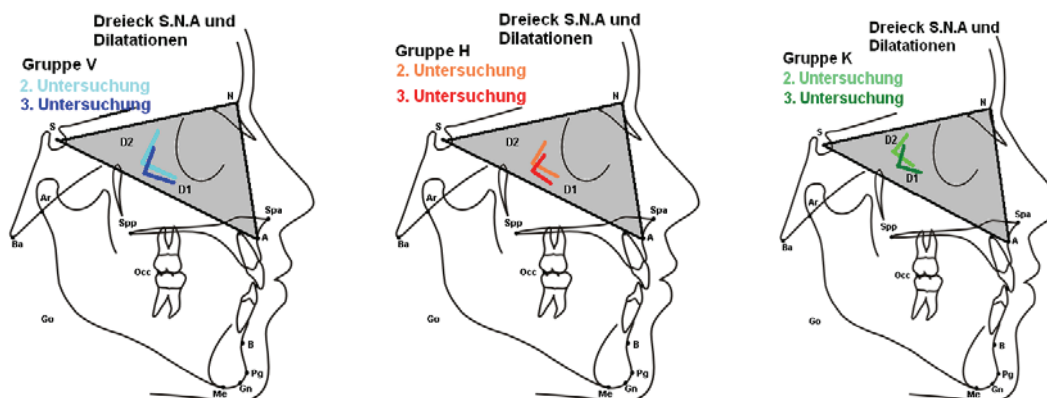


Abb. 33: Tensoranalyse für das Dreieck S.N.A (Gruppe V, Gruppe H, Gruppe K)

Vergleich Gruppe H mit Gruppe V:

Sowohl die sagittale (D1) als auch die vertikale (D2) Entwicklung dieser Region sind in beiden Progeniegruppen nicht signifikant verschieden (Abb. 34 und 35). Jedoch ist eine stärkere vertikale Entwicklung (D2) zur Zeit der Nachkontrolle zu Gunsten der vertikalen Progenie registriert worden (p-Wert 0,062) (Anhang: Tab. 62 und 63). Mit 17 % Wachstumszunahme in der vertikalen Dimension entwickelte sich diese Region in der vertikalen Progeniegruppe deutlicher als in der Gruppe „Horizontale Progenie“ (13 %). Nicht signifikant unterschiedlich ist ebenfalls die Richtung der Dilatationen. Das sagittal gerichtete Wachstum (D1) erfolgt zusätzlich leicht nach kaudal gerichtetes Wachstum. Die D1 ist in der Gruppe „vertikale Progenie“ zum Zeitpunkt der 3. Untersuchung stärker sagittal gerichtet als in der horizontalen Progeniegruppe (Abb. 33). Zu diesem Zeitpunkt (3. Untersuchung) rotiert diese Region in der Gruppe H eher nach posterior, in der Gruppe V dagegen leicht nach anterior. Damit verhält sich die vertikale Progenie unter der Behandlung zunehmend wie die Kontrollgruppe (Abb. 33).

Ein Trend in der Formänderung ist zu Gunsten der vertikalen Gruppe zu beobachten (p-Wert 0,053; 0,054) (Abb. 37) (Anhang: Tab. 62 und 63).

Die Größenänderung ist in beiden Gruppen ähnlich (Abb. 36).

Vergleich Gruppe H mit Gruppe K:

Zwischen den Dilatationen der beiden Gruppen gibt es keine signifikanten Unterschiede (Abb. 34 und 35). Das heißt, das Dreieck S.N.A ist in der horizontalen Progeniegruppe während der Behandlung und bis zur Zeit der Nachkontrolle mit ähnlichem Ausmaß gewachsen wie in der Kontrollgruppe. Besonders die sagittale Entwicklung in Richtung des A-Punktes ähnelt sich in beiden Gruppen sehr (11 % und 13 % Zuwachs in der horizontalen Progenie, 9 % und 11 % in der Kontrollgruppe). Der Zuwachs der vertikalen Dilatation (D2) ist zur 3. Untersuchung in der Kontrollgruppe durchschnittlich mit 21 % größer als das in der horizontalen Progeniegruppe (13 %). Die Größen- und Formänderungen sind ebenfalls nicht signifikant verschieden, obwohl ein Trend zu Gunsten der Kontrollgruppe zu sehen ist (p-Wert 0,053, 0,054) (Abb. 36 und 37) (Anhang: Tab. 64 und 65).

Die Richtung der Dilatation D2 ist zur 2. Untersuchung nicht signifikant verschieden.

Zur Zeit der Nachkontrolle zeigt sich die Richtung jedoch signifikant unterschiedlich (p-Wert 0,022). In der Kontrollgruppe hat eine anteriore Rotation dieses Dreiecks stattgefunden. Im Gegensatz dazu ist eine leicht posteriore Rotation in der Untersuchungsgruppe zu sehen (Abb. 33).

Vergleich Gruppe V mit Gruppe K:

Die Dilatationen der beiden Gruppen sind nicht signifikant verschieden (Abb. 34 und 35) (Anhang: Tab. 66 und 67). Ein ausgewogenes Wachstum, das mit der Kontrollgruppe vergleichbar ist, hat in der vertikalen Progeniegruppe sowohl in sagittaler, als auch in vertikaler Richtung stattgefunden. Die anteriore Entwicklung des A-Punktes hat damit das gleiche Ausmaß erreicht, wie bei Patienten mit regelrechter Gebissentwicklung. Durchschnittlich ist D1 in der Untersuchungsgruppe sogar größer. Mit 2 bis 3 % übertraf die Wachstumszunahme der Gruppe V in sagittaler Richtung (D1) die der Gruppe K. Die Formänderung ist nahezu identisch (Abb. 37). Die Richtung der Dilatationen innerhalb dieser Region verläuft in der Gruppe V sehr ähnlich zu der in der Gruppe K und unterscheidet sich nicht signifikant. Eine leicht nach anterior gerichtete Rotation ist zur 3. Untersuchung zu beobachten in den beiden Gruppen (Abb. 33).

Insgesamt ist die Ähnlichkeit im Verhalten dieser Region, unter der Behandlung beziehungsweise im Laufe des Wachstums, zwischen der vertikalen Progenie und der Kontrollgruppe größer als die zwischen der horizontalen Progenie und der Kontrollgruppe.

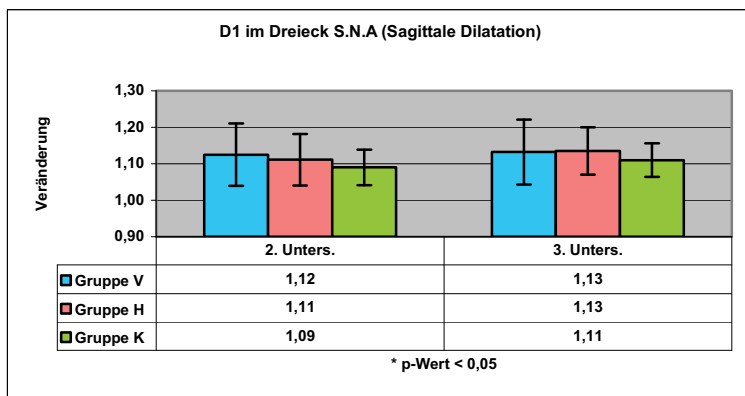


Abb. 34: Sagittale Dilatation (D1) im Dreieck S.N.A

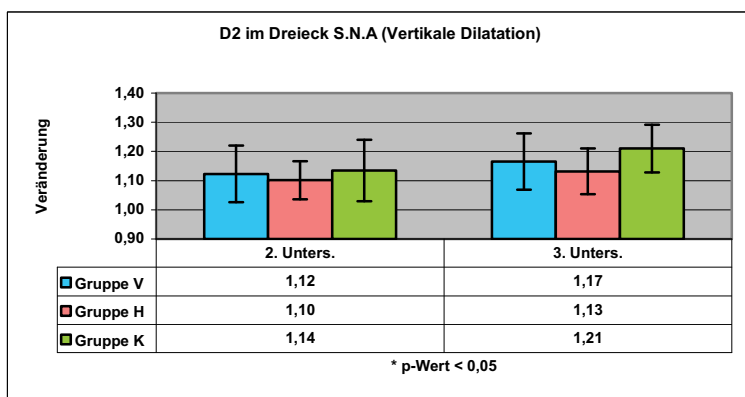


Abb. 35: Vertikale Dilatation (D2) im Dreieck S.N.A

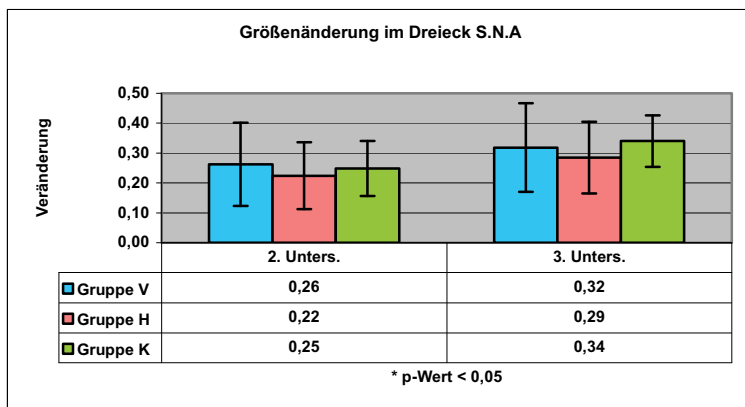


Abb. 36: Größenänderung im Dreieck S.N.A

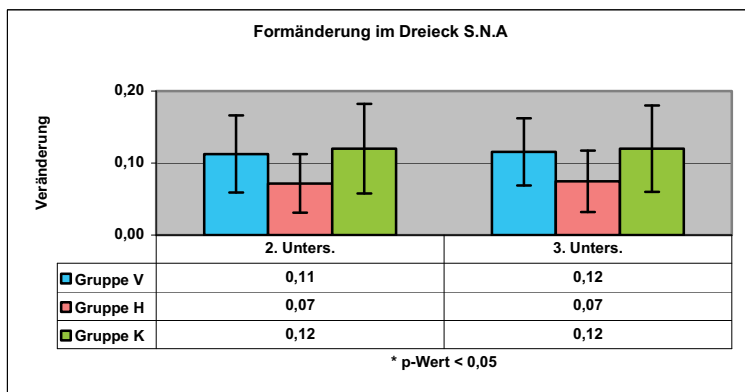


Abb. 37: Formänderung im Dreieck S.N.A

4.3.2. Ergebnisse der Tensoranalyse für das Dreieck S.Spp.A

Das Dreieck S.Spp.A beschreibt die Region zwischen Oberkiefer und Sella turcica. Die Ergebnisse bewerten die Entwicklung oberkieferbasis und ihre Rotation (Abb. 38).

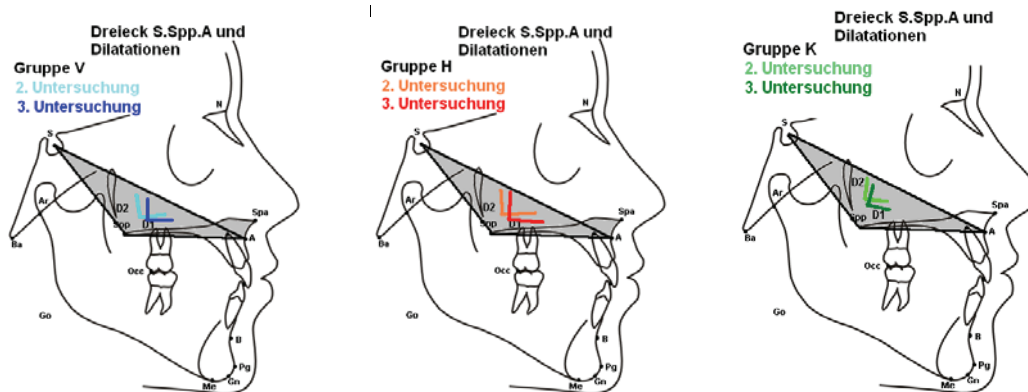


Abb. 38: Tensoranalyse für das Dreieck S.Spp.A (Gruppe V, Gruppe H, Gruppe K)

Vergleich Gruppe H mit Gruppe V:

Die Zuwächse innerhalb dieser Region sind sowohl in sagittaler als auch in vertikaler Richtung bei den beiden Progeniegruppen nicht signifikant verschieden (Abb. 39 und 40) (Anhang: Tab. 68 und 69). Die sagittale Dilatation (D1) hat zur 2. Untersuchung mit 7 % in der Gruppe V und mit 10 % in der Gruppe H zugenommen. Zur 3. Untersuchung war der sagittale Zuwachs in der vertikalen Progenie (11 %) und in der horizontalen Progenie (12 %) fast identisch. Dadurch ähneln sich ebenfalls die Größenänderungen. Am Ende des Betrachtungszeitraumes hat dieses Dreieck in Gruppe V und H um 32 % bzw. 35 % an Größe gewonnen (Abb. 41) (Anhang: Tab. 68 und 69). Bei der Formänderung liegt ein Trend (p-Wert 0,057 bzw. 0,053) zu Gunsten der vertikalen Gruppe vor, das heißt, eine stärkere Formänderung, verglichen mit dem Ausgangsbild, hat in der Gruppe V stattgefunden (Abb. 42). Die Richtung der Dilatationen ist nahezu identisch (Abb. 38) (Anhang: Tab. 68 und 69).

Vergleich Gruppe H mit Gruppe K:

Die sagittale Entwicklung (D1) in Richtung A-Punkt ist durchschnittlich größer in der horizontalen Progeniegruppe, jedoch sind diese Unterschiede nicht signifikant. Ebenfalls ist der Zuwachs in der Vertikalen (D2) nicht signifikant unterschiedlich zwischen den beiden Gruppen (Abb. 39 und 40) (Anhang: Tab. 70 und 71). Die D2 ist, wie im Dreieck S.N.A, in der Kontrollgruppe (20 %, 26 %) durchschnittlich größer als in der horizontalen Progeniegruppe (15 %, 21 %). Eine stärkere Formänderung zu Gunsten der Kontrollgruppe ist

auch in diesem Dreieck zu beobachten (Trend, p-Wert 0,057 bzw. 0,053) (Abb. 42). Dies bestätigt die Ergebnisse vom Dreieck S.N.A. Es besteht kein signifikanter Unterschied in der Größenänderung (Abb. 41) (Anhang: Tab. 70 und 71). Die Richtung der Dilatationen ist nicht signifikant unterschiedlich. Die Entwicklung verläuft in der Untersuchungsgruppe in eine stärker ausgeprägte kraniale Richtung, die eine anteriore Rotation der Oberkieferbasis bedeutet (Abb. 38). Eine ähnliche Rotation wurde im Dreieck S.N.A nachgewiesen.

Vergleich Gruppe V mit Gruppe K:

Das Wachstum innerhalb dieser Region verläuft in den beiden Gruppen sehr ähnlich. Die sagittale Entwicklung (D1) und das vertikale Wachstum (D2) der Oberkieferbasis in der vertikalen Progeniegruppe wurden unter der Behandlung so beeinflusst, dass eine Vergleichbarkeit mit der Entwicklung der regelrechten Probanden am Ende des Untersuchungszeitraumes bestand. Alle Parameter sind nicht signifikant verschieden (Abb. 39-42) (Anhang: Tab. 72 und 73).

Die sagittale Dilatation (D1) ist in den beiden Gruppen identisch, was ein regelrechtes sagittales Wachstum des Oberkiefers in der Progeniegruppe bedeutet. Durchschnittlich zeigt sich in der vertikalen Progeniegruppe eine stärkere anteriore Rotation (entgegen dem Uhrzeigersinn) der Oberkieferbasis. Zum Zeitpunkt der 2. Untersuchung ist der Unterschied in der Richtung mit leichtem Trend gekennzeichnet (p-Wert 0,129) (Abb. 38). Die Größen- und Formänderung sind in den beiden Gruppen sehr ähnlich (Abb. 41 und 42).

Insgesamt lässt sich sagen, dass die Gruppe „Vertikale Progenie“ unter der Behandlung mit dem Funktionsregler Typ III eine zunehmende Ähnlichkeit zu der Kontrollgruppe bezüglich des Oberkieferwachstums zeigt. Die Gruppe „Horizontale Progenie“ verhält sich jedoch anders. Die Richtung des Wachstums der Maxilla in dieser Gruppe unterscheidet sich signifikant von der Richtung in der Kontrollgruppe (Dreieck S.N.A). Ebenfalls ist ein deutlicher Unterschied in der Form Änderung ist ebenfalls vorhanden. Die sagittale Nachentwicklung des A-Punktes ist in der horizontalen Progenie unter der Behandlung jedoch positiv beeinflusst worden. Die Ergebnisse der beiden Dreiecke (S.N.A und S.Spp.A) bestätigen einander.

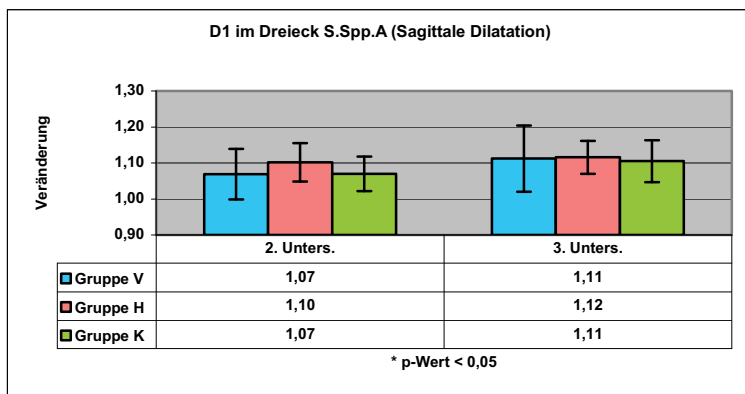


Abb. 39: Sagittale Dilatation (D1) im Dreieck S.Spp.A

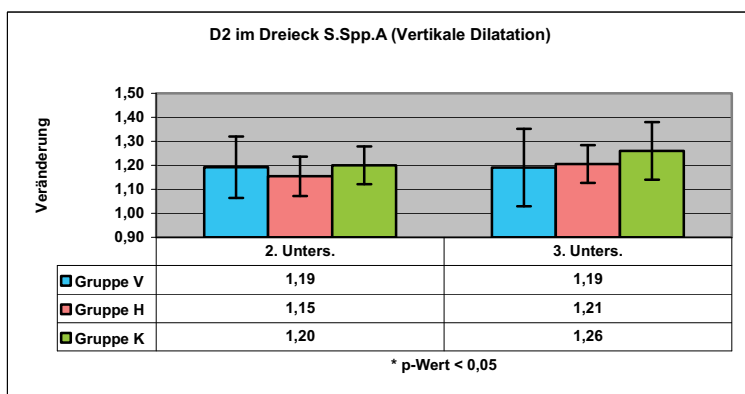


Abb. 40: Sagittale Dilatation (D1) im Dreieck S.Spp.A

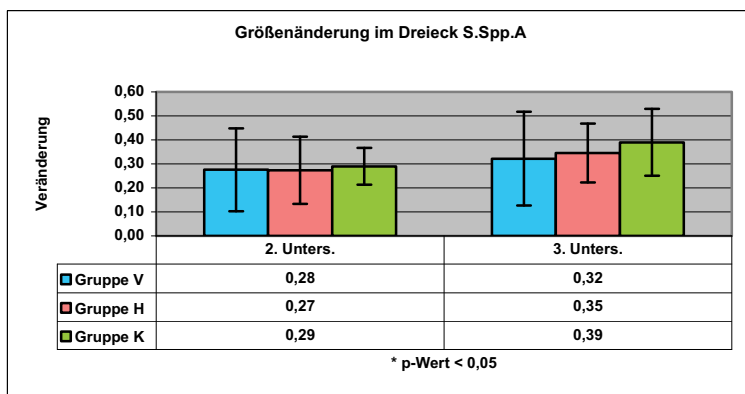


Abb. 41: Größenänderung im Dreieck S.Spp.A

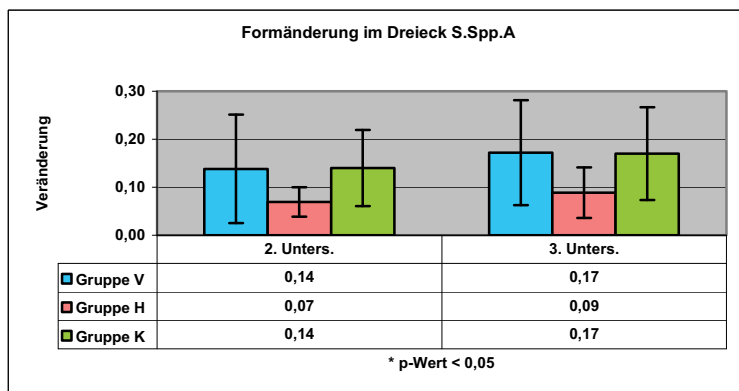


Abb. 42: Formänderung im Dreieck S.Spp.A

4.3.3. Ergebnisse der Tensoranalyse für das Dreieck S.Spp.Ba

Das Dreieck S.Spp.Ba grenzt die Region zwischen der hinteren Schädelbasis und der Spina nasalis ein (Abb. 43).

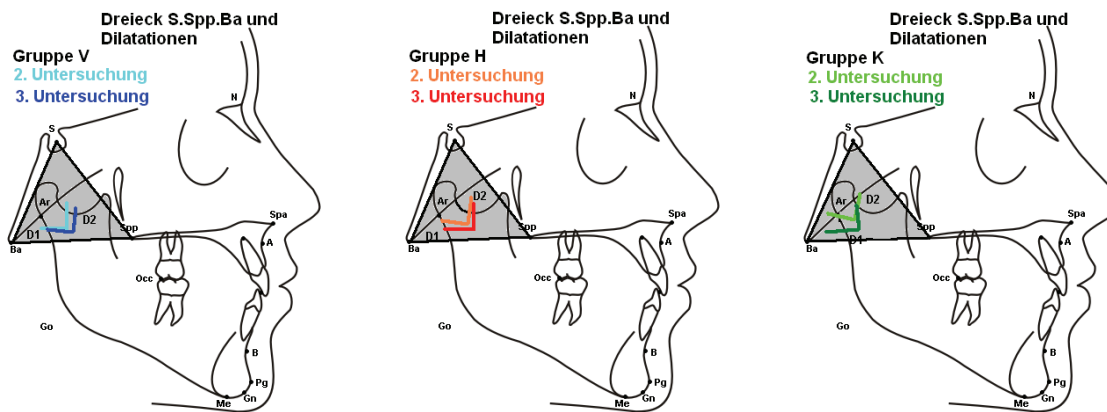


Abb. 43: Tensoranalyse für das Dreieck S.Spp.Ba (Gruppe V, Gruppe H, Gruppe K)

Vergleich Gruppe H mit Gruppe V:

Die Wachstumszunahme dieser Region ist sowohl in sagittaler (D1), als auch in vertikaler (D2) Richtung in beiden Progeniegruppen nicht signifikant verschieden (Abb. 44 und 45). Durchschnittlich fällt jedoch ein größeres sagittales Wachstum in der vertikalen Progeniegruppe auf (Trend, p-Wert 0,092 bzw. 0,063) (Anhang: Tab. 74 und 75). Dies bedeutet eine stärkere anteriore Verlagerung des Spp-Punktes zugunsten der Gruppe V. Während sich der Oberkiefer in der Gruppe V in seiner gesamten Lage geändert hat (anteriore Verlagerung), hat sich der Oberkiefer in der Gruppe H mehr nach vorne entwickelt. Das heißt, die Maxilla ist in der horizontalen Progenie metrisch länger geworden als in der vertikalen Progenie. Die Ergebnisse der kephalometrischen Analyse bestätigen das. Die Größenänderung ist dementsprechend in der vertikalen Progenie mit ca. 10 % größer. Der Unterschied ist nicht signifikant (Trend, p-Wert 0,12 und 0,149) (Abb. 46) (Anhang: Tab. 74 und 75).

Die Formänderung und die Richtungen der Dilatationen ähneln sich in beiden Gruppen (Abb. 47 und 43).

Vergleich Gruppe H mit Gruppe K:

Die vertikale Dilatation (D2) weist keinen signifikanten Unterschied auf. Die sagittale Dilatation (D1) in der Kontrollgruppe ist zu den beiden Untersuchungszeitpunkten durchschnittlich größer (Trend: p-Wert 0,092 bzw. 0,063) (Abb. 44 und 45) (Anhang: Tab. 76 und 77). Dies lässt sich dadurch erklären, dass diese Region bei einem horizontalen

Gesichtsschädelaufbau von Anfang an größer ist. Die Wachstumszunahme ist daher weniger ausgeprägt. Außerdem spielt der hemmende Effekt des Therapiemittels auf dem posterioren Rand des aufsteigenden Unterkieferastes in der horizontalen Progeniegruppe (siehe Dreieck Ar.Go.Me) dabei eine wichtige Rolle. Die Größen- und Formänderungen sind zwar nicht signifikant unterschiedlich, es besteht jedoch ein statistischer Trend zugunsten der Kontrollgruppe. Diese Region hat sich in Form und Größe in der Kontrollgruppe stärker geändert (Abb. 46 und 47) (Anhang: Tab. 76 und 77).

Die Richtung des Wachstums ist in den beiden Gruppen fast identisch (Abb.43).

Vergleich Gruppe V mit Gruppe K:

Durch die große Ähnlichkeit zwischen allen Parametern ist davon auszugehen, dass die vertikale Progeniegruppe innerhalb dieser Region ähnlich gewachsen ist, wie in der Kontrollgruppe. Die sagittale Verlagerung des Spp.-Punktes ist mit der in der Kontrollgruppe fast identisch. Die Größen- und Formänderungen sind ebenfalls nicht signifikant verschieden (Abb. 44-47) (Anhang: Tab. 77 und 78). Die Richtung der Dilatationen ist ähnlich (Abb.43).

Auch in dieser Region ist die Ähnlichkeit der Entwicklung zwischen der vertikalen Progeniegruppe und der Kontrollgruppe deutlich. Insgesamt verhält sich der obere Kieferkomplex (S.N.A, S.Spp.A und S.Spp.Ba) in der Gruppe V unter der Behandlung, aber auch während der Retentionsphase, sehr ähnlich zu der Kontrollgruppe.

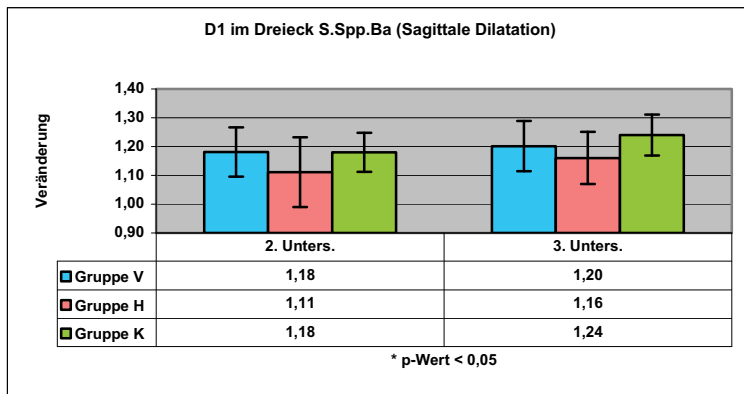


Abb. 44: Sagittale Dilatation (D1) im Dreieck S.Spp.Ba

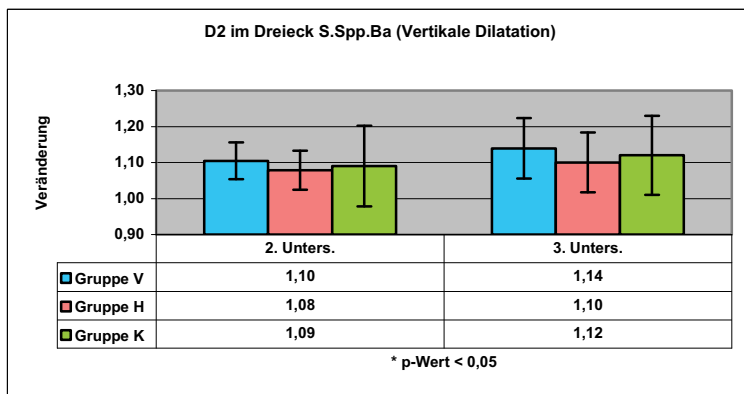


Abb. 45: Vertikale Dilatation (D2) im Dreieck S.Spp.Ba

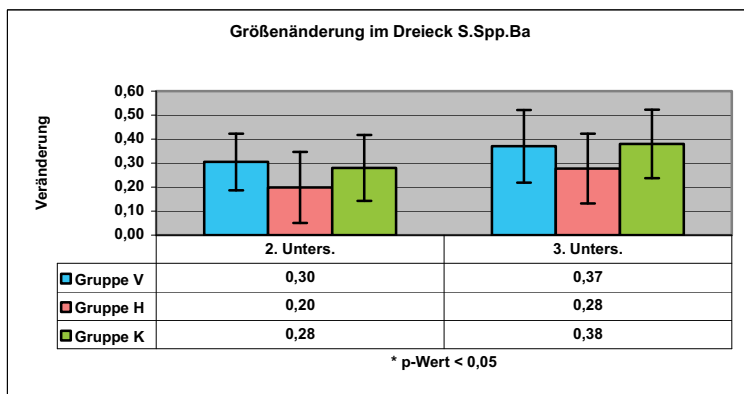


Abb. 46: Größenänderung im Dreieck S.Spp.Ba

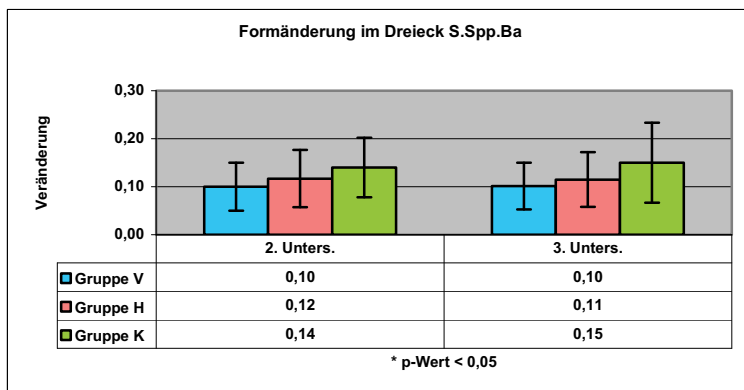


Abb. 47: Formänderung im Dreieck S.Spp.Ba

4.3.4. Ergebnisse der Tensoranalyse für das Dreieck Ar.Go.Me

Das Dreieck Ar.Go.Me beschreibt den Unterkiefer in seiner nahezu gesamten Ausdehnung. Deshalb können wichtige Wachstumsparameter der Unterkieferentwicklung bestimmt werden (Abb. 48).

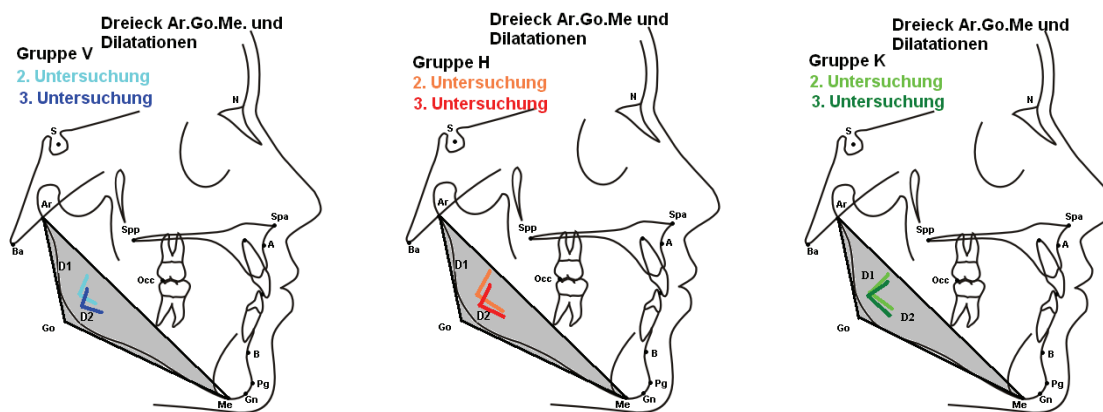


Abb. 48: Tensoranalyse für das Dreieck Ar.Go.Me (Gruppe V, Gruppe H, Gruppe K)

Vergleich Gruppe H mit Gruppe V:

Beide Dilatationen weisen keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Progeniegruppen auf. Die Zuwächse in sagittaler Richtung bei den Patienten der horizontalen Gruppe übertreffen die der vertikalen Patienten (Trend, p-Wert 0,069) zur Nachkontrolle (39 % horizontal, 32 % vertikal) (Abb. 49 und 50) (Anhang: Tab. 80 und 81).

Eine ähnliche Formänderung findet im Laufe der Therapie und bis zur Nachkontrolle statt (Abb. 52) (Anhang: Tab. 80 und 81). Die Richtung des Wachstums ist sehr ähnlich und nach anterior gerichtet (Abb. 48).

Es lässt sich feststellen, dass sich die beiden Progeniegruppen unter der Behandlung mittels des Funktionsreglers III innerhalb dieser Region sehr ähnlich verhalten.

Vergleich Gruppe H mit Gruppe K:

Die D1 ist nicht signifikant verschieden. Das heißt, die vertikale Entwicklung dieser Region in der Untersuchungsgruppe ähnelt der in der Kontrollgruppe. Die sagittale Entwicklung (D2) bleibt in der horizontalen Progeniegruppe immer kleiner als in der Kontrollgruppe; zum Ende der Behandlung (2. Untersuchung) ist der Unterschied nicht signifikant. Zur Nachkontrolle ist ein statistischer Trend zu sehen (45 % Wachstumszunahme in der Kontrollgruppe gegenüber 39 % Wachstumszunahme in der horizontalen Progenie) (p-Wert 0,069). Es kann von einer Hemmung des Unterkieferwachstums ausgegangen werden (Abb. 49 und 50) (Anhang: Tab. 82 und 83).

Ein ähnliches Verhalten ist bei der Größen- und Formänderung erkennbar (Abb. 51 und 52) (Anhang: Tab. 82 und 83).

Zur 2. Untersuchung „Ende der Behandlung“ ist die Richtung der Entwicklung nicht signifikant verschieden. Ein Trend in Richtung Signifikanz ist jedoch zur Zeit der Nachkontrolle zu beobachten (p-Wert 0,068). Während die sagittale Entwicklung in der Kontrollgruppe weiter nach kaudal verläuft, zeigt sich eine leichte Rotation entgegen dem Uhrzeigesinn in der Untersuchungsgruppe (Abb. 48). Diese Richtungsänderung, gekoppelt mit der schon beschriebenen Entwicklungsrichtung des Oberkiefers, ist für die Behandlung der Progenie von entscheidender Bedeutung.

Vergleich Gruppe V mit Gruppe K:

Die vertikalen Zuwächse (D1) sind in den beiden Gruppen sehr ähnlich. In der sagittalen Ebene (D2) übertreffen die Zuwächse der Kontrollgruppe die der vertikalen Progeniegruppe. Der Unterschied ist zwar nicht signifikant, aber ein statistischer Trend (3. Untersuchung) ist nachzuweisen (3. Untersuchung p-Wert 0,069). Das bedeutet, dass ein geringeres Sagittalwachstum in der Untersuchungsgruppe stattgefunden hat (Abb. 49 und 50) (Anhang: Tab. 84 und 85).

Ebenfalls sind die Größen- und Formänderung nicht signifikant verschieden (Abb. 51 und 52).

Wie bei der horizontalen Progeniegruppe erfährt der Unterkiefer eine leichte, aber signifikante Richtungsänderung zum Zeitpunkt der Nachkontrolle (p-Wert 0,014) (Anhang: Tab. 84 und 85). Diese Region rotiert im Laufe der Behandlung, aber auch während der Retentionszeit, weiter nach anterior (Abb. 48). Zusammen mit der Richtungsänderung des Oberkiefers ist die Rotation des Unterkiefers in der vertikalen Progeniegruppe entscheidend für seine reduzierte Neigung.

Insgesamt zeigt sich eine geringere sagittale Wachstumszunahme des Unterkiefers in den beiden Progeniegruppen im Vergleich zu der Kontrollgruppe, sowie ein signifikanter Unterschied in der Richtung der Diastationen, die eine leicht anteriore Rotation im Laufe der Behandlung und während der Retentionszeit in den Progeniegruppen bewirkt hat.

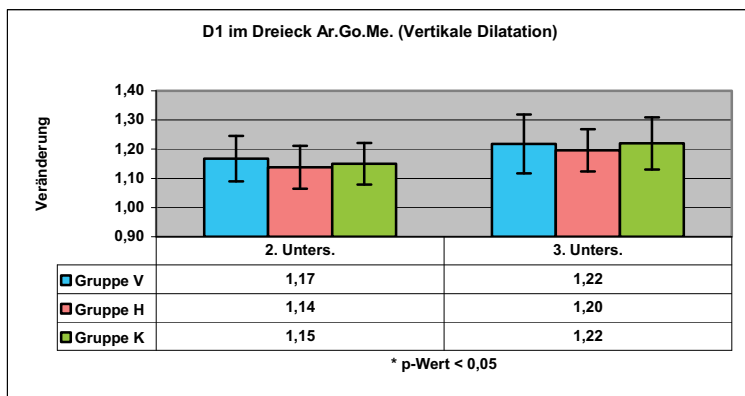


Abb. 49: Vertikale Dilatation (D1) im Dreieck Ar.Go.Me

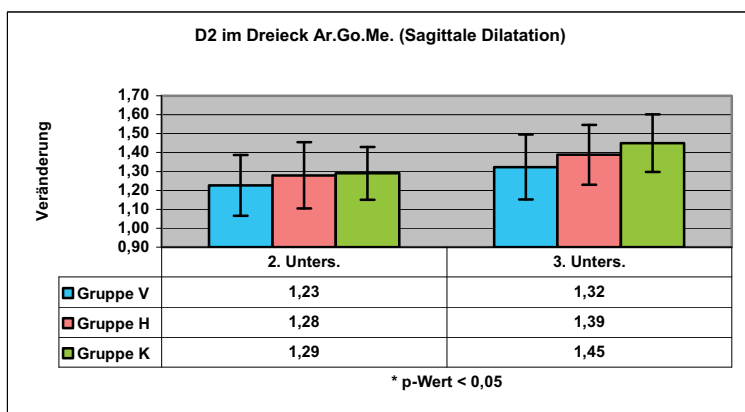


Abb. 50: Sagittale Dilatation (D2) im Dreieck Ar.Go.Me

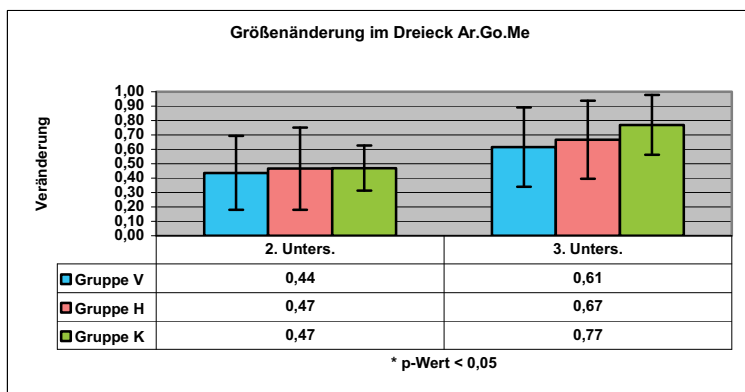


Abb. 51: Größenänderung im Dreieck Ar.Go.Me

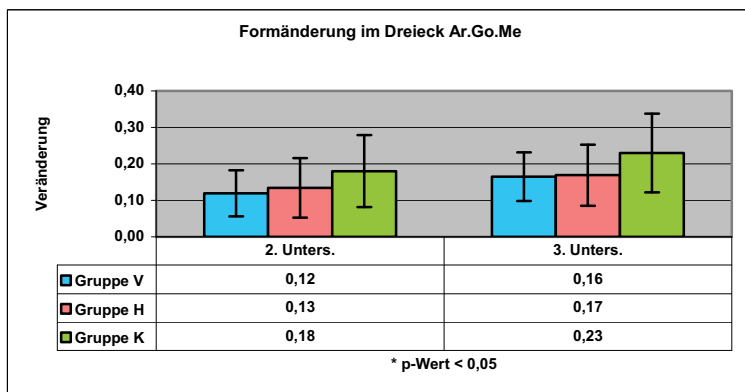


Abb. 52: Formänderung im Dreieck Ar.Go.Me

4.3.5. Ergebnisse der Tensoranalyse für das Dreieck Ar.Spp.Go

Die Region des Dreiecks Ar.Spp.Go beschreibt die Lagebeziehung des posterioren Randes des aufsteigenden Unterkieferastes zum distalen Punkt des Oberkiefers sowie das Wachstum des Ramus in der vertikalen Dimension (Abb. 53).

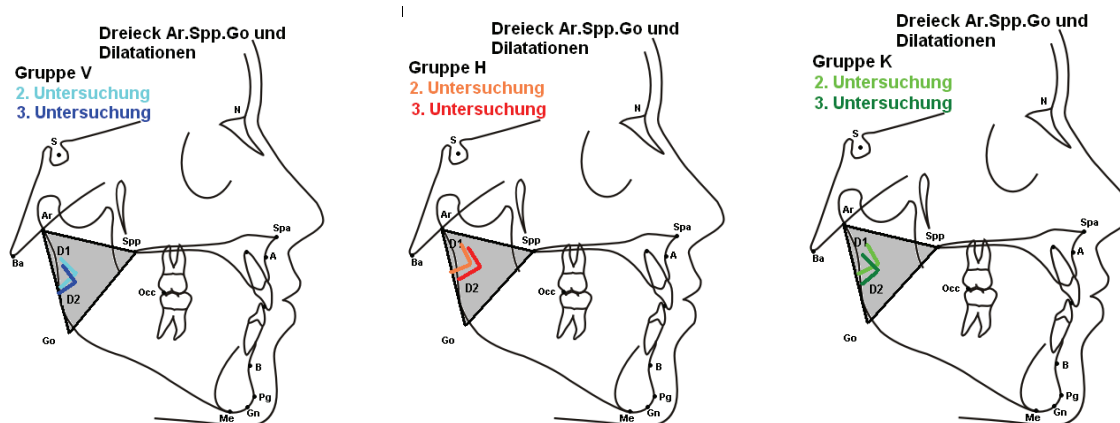


Abb. 53: Tensoranalyse für das Dreieck Ar.Spp.Go (Gruppe V, Gruppe H, Gruppe K)

Vergleich Gruppe H mit Gruppe V:

Die Wachstumsrichtung in beiden Gruppen verläuft bei D1 mehr nach vertikal und bei D2 nach sagittal (Abb. 53).

Zur 2. Untersuchung liegt mit 11 % Zuwachs in sagittaler Richtung (D2) in der horizontalen Progeniegruppe gegenüber der vertikalen Gruppe mit 17 % keine signifikante Differenz vor. Ähnlich ist die sagittale Entwicklung (D2) zur 3. Untersuchung (17 % horizontale Progenie, 22 % vertikale Progenie) (Abb. 55) (Anhang: Tab. 86 und 87). Durchschnittlich blieb die sagittale Wachstumszunahme in der Gruppe H jedoch zurück. Diese Aussage bestätigt auch das Ergebnis (D1) des Dreiecks S.Spp.Ba.

Die vertikale Entwicklung (D1) unterscheidet sich in den beiden Gruppen nicht signifikant (Abb. 54). Die Unterschiede in der Größenänderung sowie in der Formänderung sind ebenfalls nicht signifikant. Die vertikale Gruppe zeigt jedoch durchschnittlich größere Werte (Abb. 56 und 57) (Anhang: Tab. 86 und 87).

Vergleich Gruppe H mit Gruppe K:

Diese Region erfährt in beiden Gruppen im Laufe der Behandlung und bis zur Nachkontrolle eine sehr ähnliche Entwicklung. Die nicht signifikanten Unterschiede und die nahezu vergleichbaren Zuwächse und Änderungen sind Ausdruck vergleichbaren Wachstums (Abb. 54-57) (Anhang: Tab. 88 und 89).

Vergleich Gruppe V mit Gruppe K:

Die sagittale (D2) und die vertikale (D1) Dilatationen sind nahezu identisch in den beiden Gruppen (Abb. 54 und 55) (Anhang: Tab. 90 und 91). Sowohl bei der Größen- als auch bei der Formänderung sind keine signifikanten Unterschiede zu beobachten (Abb. 56 und 57) (Anhang: Tab. 90 und 91). Die Richtung der Dilatationen ist ebenfalls nicht signifikant verschieden (Abb. 53).

Insgesamt ist die Unterkieferentwicklung (Ar.Go.Me und Ar.Spp.Go), durch eine Hemmung des sagittalen Wachstums der Mandibula in beiden Progeniegruppen sowohl im Körper-, als auch im Ramusbereich charakterisiert. Der hemmende Effekt des Behandlungsmittels ist in der Gruppe „Horizontale Progenie“ ausgeprägter. Die vertikalen Dilatationen ähneln denen der Kontrollgruppe. Die Richtung der Dilatationen in der Untersuchungsgruppe „Vertikale Progenie“ weist eine signifikante anteriore Rotation im Vergleich zu der Kontrollgruppe aus. Diese anteriore Rotation ist auch in der Gruppe H zu beobachten, obwohl der Unterschied zu der Kontrollgruppe nicht signifikant ist.

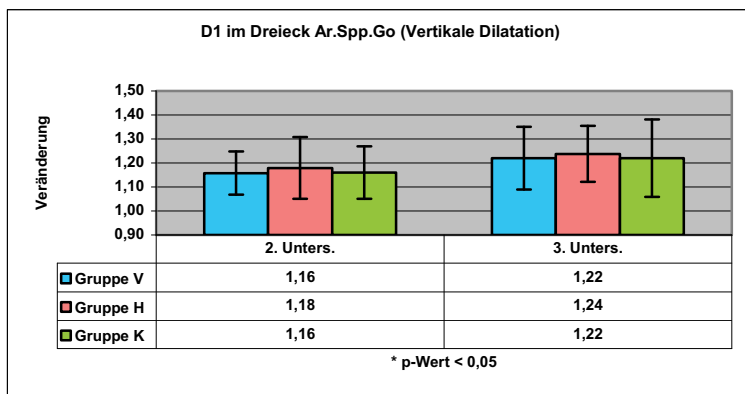


Abb. 54: Vertikale Dilatation (D1) im Dreieck Ar.Spp.Go

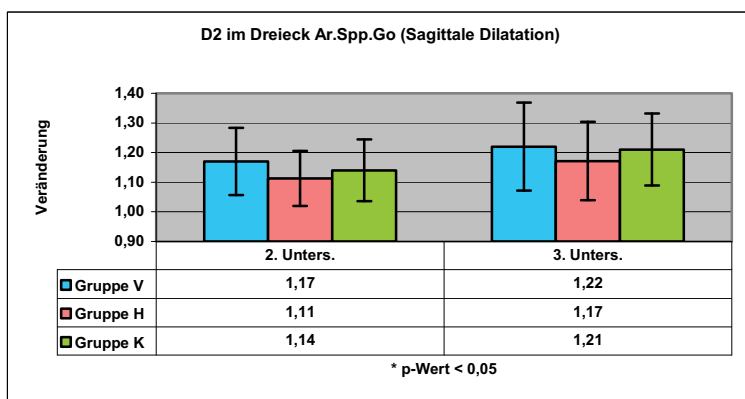


Abb. 55: Sagittale Dilatation (D2) im Dreieck Ar.Spp.Go

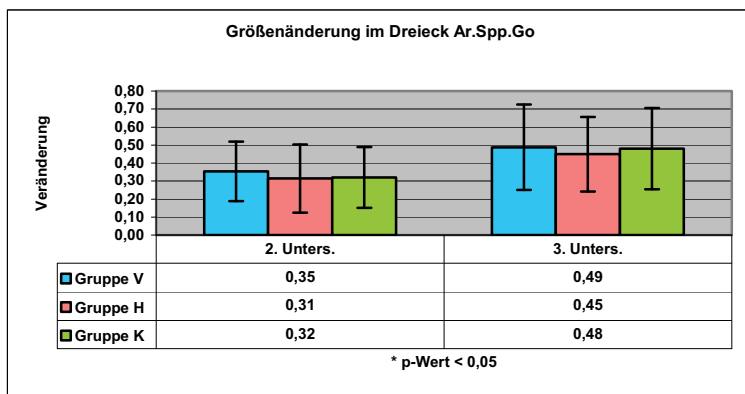


Abb. 56: Größenänderung im Dreieck Ar.Spp.Go

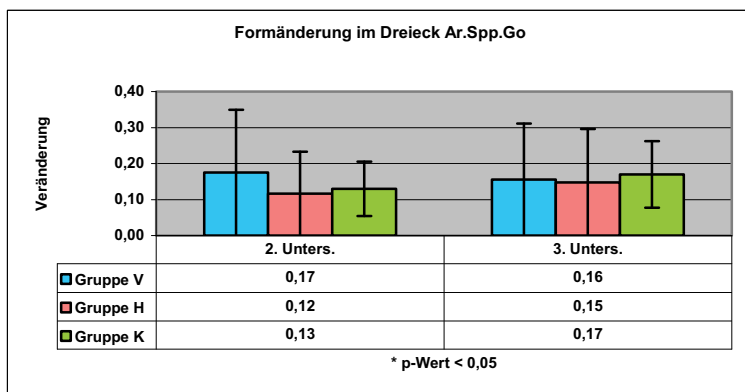


Abb. 57: Formänderung im Dreieck Ar.Spp.Go

4.3.6. Ergebnisse der Tensoranalyse für das Dreieck Spp.A.B

Das Dreieck charakterisiert die Lagebeziehung von Ober- und Unterkiefer im Bereich ihrer anterioren Basen. Das Wachstum dieser Region ist deshalb entscheidend für die Lageentwicklung zwischen Ober- und Unterkiefer (Abb. 58) einschließlich der Änderung der Rotation.

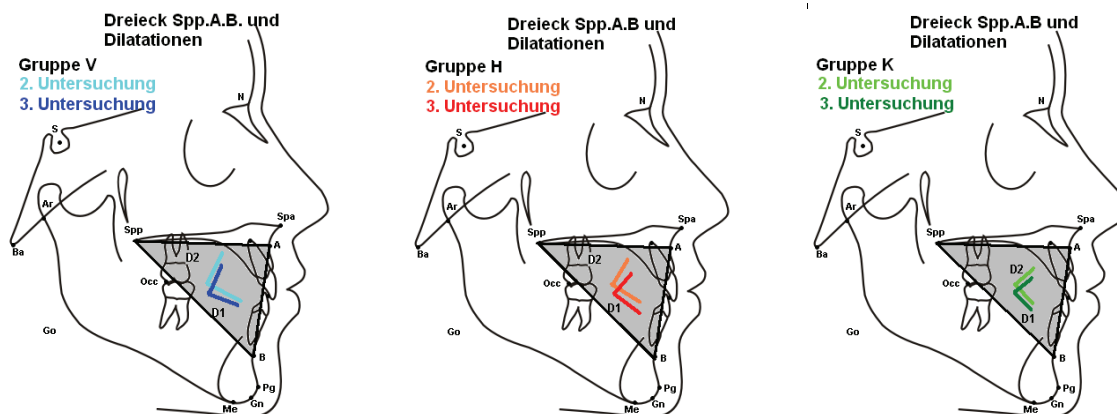


Abb. 58: Tensoranalyse für das Dreieck Spp.A.B (Gruppe V, Gruppe H, Gruppe K)

Vergleich Gruppe H mit Gruppe V:

Die Unterschiede im Bereich der Dilatationen dieses Dreiecks sind nicht signifikant. Das bedeutet, dass sich diese Region in den beiden Progeniegruppen ähnlich entwickelt hat. Zur Nachkontrolle ist bei D1 (mehr horizontal gerichtet) ein Trend (p -Wert = 0,077) zu Gunsten der vertikalen Gruppe festzustellen (Abb. 59 und 60) (Anhang: Tab. 92 und 93). Die Größen- und Formänderungen sowie die Richtungen der Wachstumsvorgänge sind nicht signifikant verschieden. Die Änderungen sind jedoch in der vertikalen Gruppe größer (Abb. 61 und 62) (Anhang: Tab. 92 und 93). Die Richtung der Dilatation ähnelt der für die Dreiecke S.N.A und Ar.Go.Me (Abb. 58). Dies bestätigt die Entwicklung des gesamten Kieferkomplexes im Bezug auf die Reduktion der skelettalen Klasse III.

Vergleich Gruppe H mit Gruppe K:

Die Entwicklung in sagittaler (D1) und vertikaler (D2) Richtung weist in beiden Gruppen keine signifikanten Unterschiede auf (Abb. 59 und 60). Ebenfalls sind die Änderungen der Größe und Form (Abb. 61 und 62) (Anhang: Tab. 94 und 95) sowie die Richtung des Wachstums (Abb. 58) ohne signifikante Unterschiede. Die Entwicklung in Richtung des B-Punktes (D1) zeigt in der Kontrollgruppe durchschnittlich größere Werte. Die Nachkontrolle bestätigt dies tendenziell mit einem p -Wert vom 0,077. Die Größenänderung ist

dementsprechend ebenfalls in der Gruppe K größer (p-Wert 0,095) (Anhang: Tab. 94 und 95).

Die Ergebnisse sind durch die geringeren sagittalen Zuwächse des Dreiecks Ar.Go.Me erklärbar, die eine Hemmung der sagittalen Entwicklung in den Untersuchungsgruppen ausdrückten.

Im Vergleich zu der Richtung in der Kontrollgruppe zeigt die Richtung des Wachstums in der horizontalen Progeniegruppe durchschnittlich eine anteriore Rotation des Kieferkomplexes und der Okklusionsebene (Abb. 58).

Vergleich Gruppe V mit Gruppe K:

Bei Betrachtung der Dilatation sowie der Größen- und Formänderungen zum Zeitpunkt „Ende der Behandlung“ verhalten sich beide Gruppen in dieser Region sehr ähnlich (Abb. 59-62) (Anhang: Tab. 96 und 97). Die Richtung der Dilatation verläuft jedoch in der vertikalen Progeniegruppe stärker sagittal und zeigt eine reduzierte Rotation bei vertikalen Progenien (p-Wert 0,066) (Abb. 58). Diese Änderung in der Entwicklungsrichtung bestätigt den wachstumslenkenden Effekt der Behandlung mit dem Funktionsregler Typ III. Bei der Nachkontrolle verläuft die Entwicklung der beiden Gruppen sehr ähnlich (Abb. 58) und bestätigt die zunehmende anteriore Neigung in der Untersuchungsgruppe.

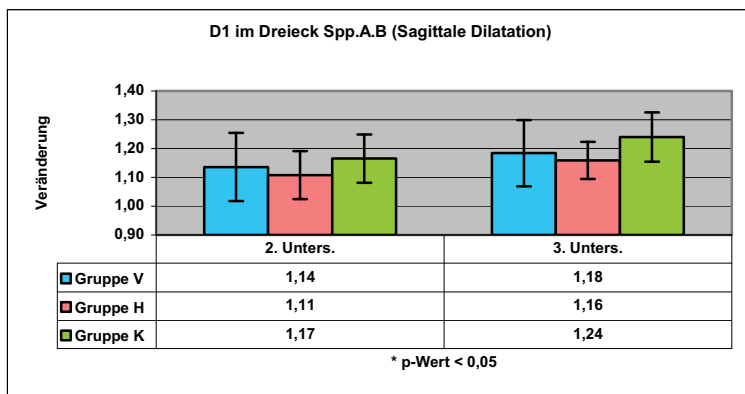


Abb. 59: Sagittale Dilatation (D1) im Dreieck Spp.A.B

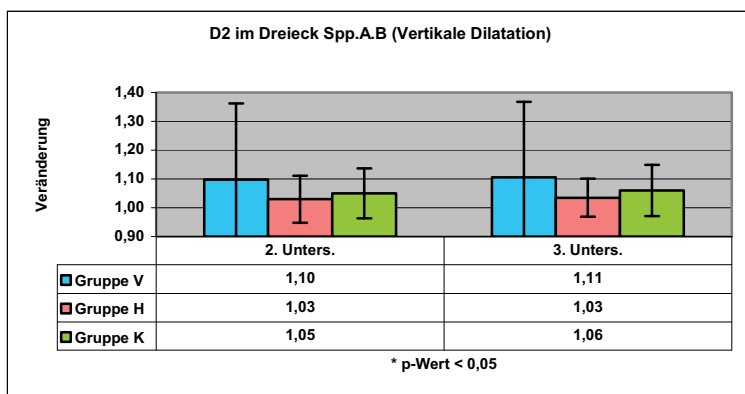


Abb. 60: Vertikale Dilatation (D2) im Dreieck Spp.A.B

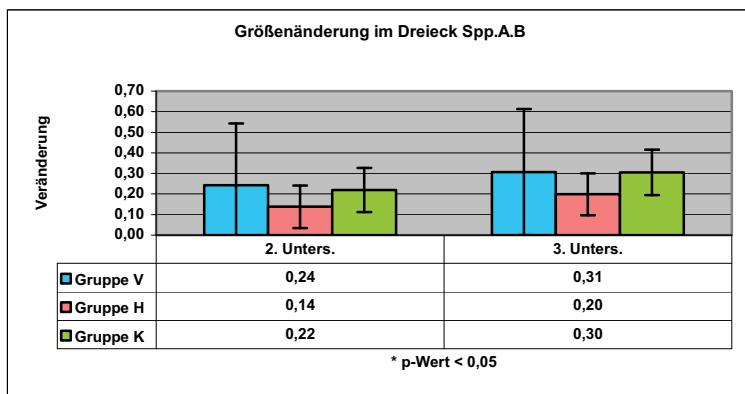


Abb. 61: Größenänderung im Dreieck Spp.A.B

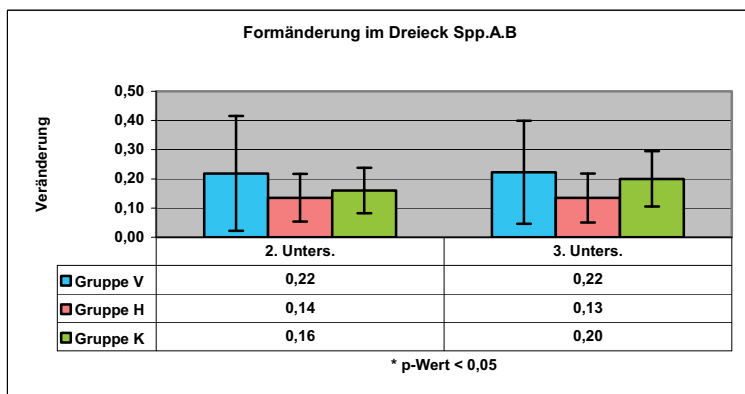


Abb. 62: Formänderung im Dreieck Spp.A.B

5. Diskussion

Im Rahmen seiner Dissertation an der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universität Rostock untersuchte **Brune** (2003) zwei Aufgabestellungen. Die erste Aufgabe sollte den Therapieeinfluss des Funktionsreglers Typ III nach Fränkel auf Patienten mit einer skelettalen Progenie bewerten. Die zweite Aufgabe war die Testung einer an der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universität Rostock entwickelten Software für die Auswertung von Wachstums- und therapiebedingten Veränderungen. Dies ist die Rostocker Tensoranalyse ROTA, wie sie erstmalig durch **Fischer** (1997) entwickelt wurde.

In seiner Arbeit wurden die untersuchten Patienten geschlechtsspezifisch untersucht. Da keine signifikanten Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Probanden zum Anfang der Untersuchung bestanden, wurde die gesamte Untersuchungsgruppe mit der Kontrollgruppe verglichen. Dabei wurden zwei Untersuchungszeitpunkte, zum Anfang und zum Ende der Behandlung erfasst. **Brune** (2003) konnte den positiven Effekt des Behandlungsmittels Funktionsreglers Typ III auf die progene Entwicklung nachweisen.

Die vorliegende Studie sollte den nachhaltigen Effekt dieses Therapiemittels, das heißt, die Stabilität der Behandlungsergebnisse prüfen, indem ein dritter Untersuchungszeitpunkt (2 Jahre nach Beendigung der Behandlung) gewählt wurde. Das Untersuchungsalter war zum Anfang 7,6 Jahre, zum Ende der Behandlung 13,6 Jahre und zur Nachkontrolle 15,7 Jahre.

Außerdem lag das Interesse an einer Prüfung des Verhaltens von Progenien mit verschiedenen Rotationsmustern unter der Behandlung mit dem Funktionsregler Typ III. Die Unterteilung der Untersuchungsgruppe erfolgte deshalb nach dem Wachstumsmuster in der vertikalen Ebene. Eine vertikale (n = 16 Patienten) und eine horizontale (n = 11 Patienten) Progeniegruppe wurden nach definierten Kriterien gebildet. Beide Gruppen wurden mit der Kontrollgruppe, die eine regelrechte Gebissentwicklung aufwies verglichen. Es kam darauf an, keine Bagatellanomalien zu erfassen. Das heißt, es sollen Kriterien benutzt werden, die trotz des jüngeren Alters der Probanden (7,6 Jahre) die Anforderungen einer skelettalen Entwicklung in Richtung Klasse III erfüllten und damit ihre eigene Wachstumsdynamik aufweisen

Die in der Literatur erwähnten Merkmale einer Progenie, wie Mesialbiss, konkaves Profil, positive Lippentreppe, vergrößerte untere Gesichtshöhe, vergrößerter Unterkiefer in sagittaler und transversaler Richtung, ANB und WITS-Wert im negativen Bereich (**Arvystas** 1977; **Benauwt** 1978; **Rottstahl** 1961; **Schulze** 1982), ein großer Prämolarenkeimabstand im Unterkiefer, regelwidrige Lücken vor und zwischen den Milchmolaren, ein frühzeitiger

Durchbruch der Zähne im Unterkiefer im Verhältnis zum Oberkiefer, ein abgeflachter Kieferwinkel (**Dausch-Neumann** 1959; **Korkhaus** 1957; **Klink-Heckman** 1990) und eine verstrichene Sublabialfalte infolge der Vorverlagerung des Unterkiefers (**Rotenberg, Lodter** 1997), traten bei den untersuchten Patienten mit unterschiedlichen Ausprägungen und Häufigkeiten auf. Wenngleich diese in der Literatur als Kardinalsymptome bezeichneten Merkmale auch noch nicht oder nur teilweise vorhanden waren, sind doch die Daten der sagittalen Analyse mit einem WITS-Wert von 4,8 mm für die vertikale und 3,9 mm für die horizontale Progeniegruppe ein eindeutiges Kriterium für ein zunehmendes Klasse III Wachstum.

Als Kontrollgruppe dienten 31 Patienten, mit regelrechter Gebissentwicklung, aus der Langzeitstudie von **Klink-Heckman** (1979). Diese Patienten besaßen ein neutrales Wachstumsmuster, eine skelettale Klasse I. Verglichen mit den Normwerten zeigte die Kontrollgruppe bei der dentalen Analyse jedoch eher retrudierte Schneidezähne. Demzufolge wurde der Vergleich der dentalen Analyse der Untersuchungsgruppen mit den Normwerten aus der Bergenanalyse durchgeführt. Die Auswertung der Fernröntgenaufnahmen erfolgte mittels der kephalometrischen Analyse (modifizierte Bergenanalyse nach Hasund), sowie der Rostocker Tensoranalyse.

Folgende Fragen galten als wesentliche Diskussionspunkte für die Studie:

- Ist die Bewertung der Behandlung der skelettalen Klasse III mittels FR-III mit den beiden Analysen möglich?
- Gibt es Differenzen zwischen Patienten mit Progenien mit unterschiedlichen vertikalen Rotationsmustern?
- Ist die Progenie vorwiegend ein sagittales Problem. Welche Bedeutung hat die vertikale Entwicklung?
- Inwieweit beeinflusst die Behandlung mit dem Funktionsregler Typ III die vertikale und sagittale Entwicklung der Progeniepatienten?
- Zuverlässigkeit einer alternativen Analyse (ROTA)?

Die Auswertung der Fernröntgenaufnahmen erfolgen zuerst mit der metrischen kephalometrischen Analyse (**Hasund** 1976). Dieselben Parameter sind die Grundlage für das Computerprogramm ROTA, (der Rostocker Tensoranalyse, **Fischer** 1997), mit dem die Tensoranalyse vorgenommen wurde.

Wie es von vielen Autoren (**Schlömer** 1986), (**Schopf** 1988), (**Segner** und **Hasund** 1991) empfohlen wird, wurden die Messdaten in Betracht der Harmoniekombinationen und Abweichungen im Schädelaufbau bewertet.

Die von Björk beschriebenen Strukturmerkmale dienten zur Differenzierung der verschiedenen Rotationsmuster (**Björk** 1963), (**Björk** 1969).

Klinisch zeigten die behandelten Patienten am Ende des Beobachtungszeitraums (Nachkontrolle) ein stabiles Ergebnis. Eine regelrechte Zahnbogenbeziehung in sagittaler, transversaler und vertikaler Ebene wurde bei allen Patienten mittels der Behandlung mit dem Funktionsregler Typ III erreicht.

Beim Vergleich der kephalometrischen Analysen der beiden Progeniegruppen vor Beginn der Behandlung (Alter 7,6 Jahre) fielen die signifikanten Unterschiede in der vertikalen Analyse besonders auf. Das Rotationsmuster beider Gruppen ist signifikant verschieden. Lediglich die Inklination der Maxilla und der Schädelbasiswinkel unterschieden sich nicht signifikant. Das vom Normwert stark abweichende Rotationsmuster wurde durch den Vergleich zwischen der Kontrollgruppe (neutrales Wachstumsmuster) und den Untersuchungsgruppen bestätigt. Das heißt, trotz der für Progeniepatienten typischen Vergrößerung des Kieferwinkels und des Grundebenenwinkels ist die Trennung in eine vertikale und horizontale Gruppe nach dem Rotationsmuster möglich gewesen.

Die sagittale Analyse machte die extreme skelettale Fehlentwicklung in den Progeniegruppen deutlich. Mit WITS-Werten von 4,8 mm und 3,9 mm für die vertikale bzw. horizontale Progeniegruppe im Alter von 7,6 Jahren muss von einer ausgeprägten progenen Entwicklung gesprochen werden.

Ebenso bestätigte die metrische Analyse die disproportionale Entwicklung zwischen Ober- und Unterkiefer der Untersuchungsgruppe.

Eine dentale Kompensation der skelettalen Klasse III war schon zu diesem Zeitpunkt (1. Untersuchung) in den beiden Progeniegruppen im Vergleich mit den Normwerten vorhanden.

Viele Autoren sind der Meinung, dass der Funktionsregler III eine posteriore Rotation des Unterkiefers bewirkt (**Kerr und Ten Have 1987**); (**Ülgen und Ferratti 1994**); (**Graber, Rakosi, Petrovic 1997**); (**Hyoungh S. Baik, Sung H. Jee, Kee J. Lee, Tae K. Oh 2004**). Außerdem wird die Linguoversion der unteren Inzisivi als zusätzliche Wirkung beschrieben. Die von **Fränkel 1970** beschriebene sagittale Nachentwicklung des Oberkiefers wurde von **McNAMARA und Huge (1985)** bestätigt. Wogegen alle anderen oben genannten Autoren keine signifikante Wirkung auf den Oberkiefer herausfanden und die kaudale, posteriore Rotation des Unterkiefers zusammen mit der Retrusion der unteren Schneidezähne als Haupteffekt feststellten. **Robertson (1983)** konnte lediglich eine dentoalveoläre Anpassung feststellen. Die beschriebene Rotation des Unterkiefers mit Vergrößerung der unteren Gesichtshöhe ist dem Kopf-Kinn-Kappen-Effekt identisch. Das würde bedeuten, der Funktionsregler Typ III verstärkt die vertikale Rotation und sei besonders für eine horizontale Progenie einsetzbar.

Da der Funktionsregler ein Gerät ist, das Muskelkräfte ausnutzt und eine funktionelle Harmonisierung bewirkt, ohne zusätzliche aktive Kräfte zu applizieren, ist eine dem Regelrechten ähnliche Entwicklung die erwünschte Wirkung.

Wegen der Bedeutung des vertikalen Gesichtsschädelaufbaus sollen zunächst die Unterschiede zwischen progener und regelrechter Gesichtsschädelentwicklung, vor allem in der Vertikalen, erläutert werden.

Die Aufrechthaltung des menschlichen Körpers und Schädels lässt den Gesichtsbereich eher vertikal als anteroposterior wachsen. Die vertikale Entwicklung des Gesichtsskeletts bedeutet, dass nur eine geringe Vergrößerung des Vertikalabstandes einen frontal offenen Biss entstehen lässt. Die anteriore Rotation des Unterkiefers ist daher notwendig, um die Okklusionskontakte zu ermöglichen, und einen offenen Biss zu verhindern. Diese Rotation wird durch das neuromuskuläre System ermöglicht. **Sato et al. (2005)** haben festgestellt, dass sowohl die Mandibularebene, als auch die Okklusionsebene im Laufe der regelrechten Entwicklung sich zu der „Frankfurter Horizontale“ abflachen. Dies geht mit dem Absinken der Maxilla während des Wachstums einher und mit einer allmählichen Vergrößerung des Vertikalabstandes im posterioren Gesichtsbereich durch den Durchbruch der Zähne sowie durch die dentoalveoläre Entwicklung (**Richardson 1991**) (**Bhatia 1993**). Durch diese Anpassungsreaktion entwickelt sich das Kiefergelenkköpfchen sekundär, und der Unterkiefer nimmt allmählich die skelettale Klasse I ein (**Protacio, Sato 1995**) (Abb. 63).

Dieses Ergebnis bestätigte **Björk** (1963) (1969) mit seinen Implantatstudien.

Im Laufe des Wachstums unterliegt der Unterkiefer einer anterioren Rotation, die für eine harmonische Entwicklung des Kieferkomplexes von entscheidender Bedeutung ist (**Klink-Heckmann**, 1979).

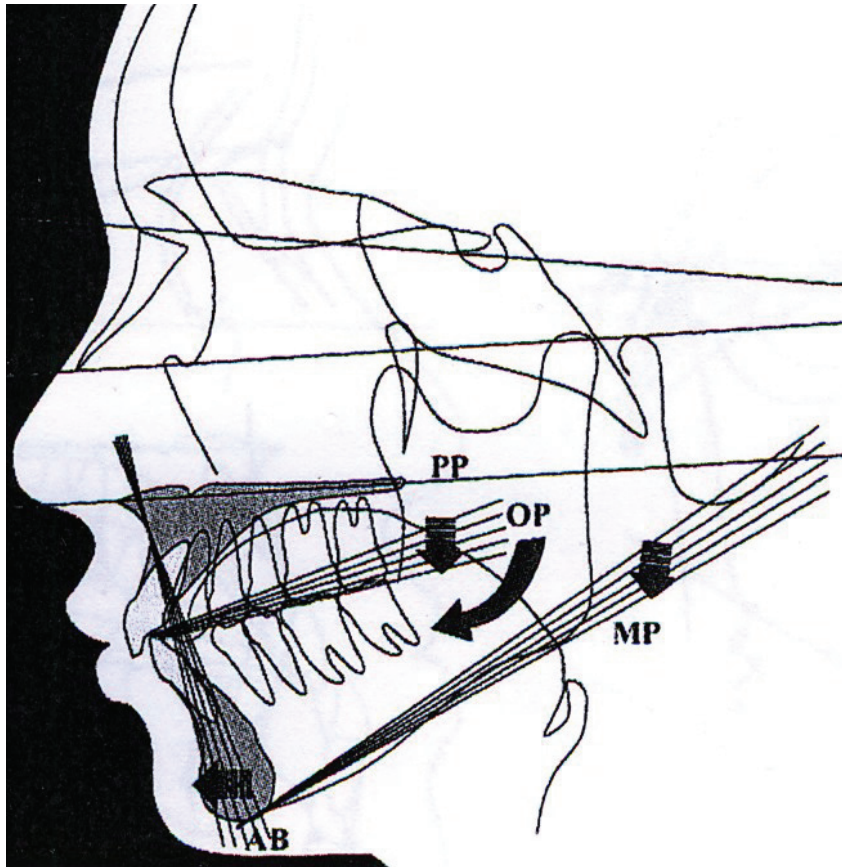


Abb. 63: Anpassungsreaktion des Unterkiefers im Laufe des Wachstums (anteriore Rotation).
(Abbildung nach **Sato** 2005)

Bei einer Progenie liegt eine grundsätzlich andere Entwicklung vor. Sie entwickelt sich deshalb schon in sehr frühem Alter, lange vor dem puberalen Wachstumsschub (Ash, Ramfjord 1995) (Sakamoto, Iwase, Uka, Nakamura 1984) (Deguchi, Kuroda, Hunt, Graber 1999). Nanda (2005) vermutet, dass die prognathe Entwicklung der Mandibula schon im Milchgebiss zustande kommt. Sobald solch eine Entwicklung passiert ist, ist die jährliche Wachstumszunahme des Unterkiefers bei Progeniepatienten sehr ähnlich zu der von Probanden mit regelrechtem Gebiss.

Ngan (1992) und McDonald (1999) beschäftigten sich mit der Frage, warum Klasse I Probanden mit ähnlichen Raten der Wachstumszunahme zu denen der Progeniepatienten eine normale Okklusion beibehalten konnten. Ihren Untersuchungen nach spielt dabei die anteriore Rotation der Mandibula und die damit verbundene counter-clockwise Rotation (Abflachung) der Okklusionsebene eine wesentliche Rolle. Die sagittale Beziehung zwischen den beiden Kieferbasen, dargestellt anhand des WITS-Wertes, bleibt durch diese anteriore Rotation harmonisch. Im Gegensatz dazu fehlt diese kompensatorische Rotation bei Probanden mit Progenie. Die dentoalveoläre Disharmonie wird durch die fehlende Homeostase des neuromuskulären Systems verschlechtert, wodurch eine stabile und normale Okklusion verhindert wird. (Abb. 64)

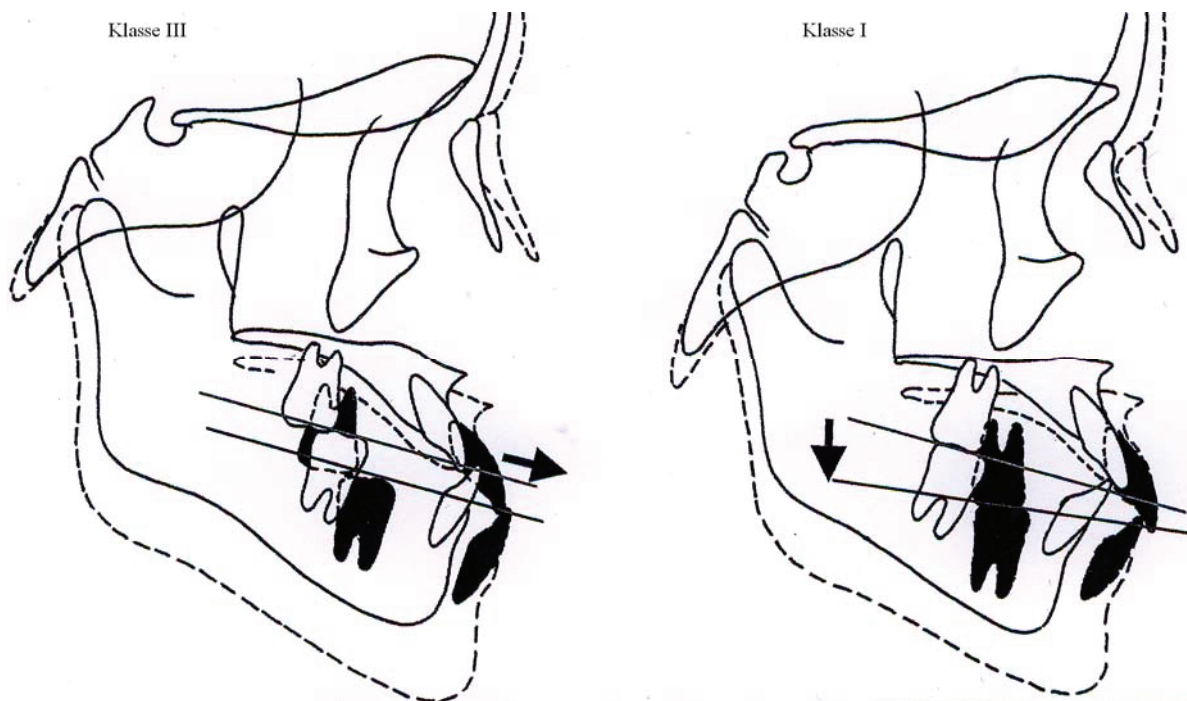


Abb. 64: Unterschiede des Gesichtswachstums zwischen Klasse I und III.

(Abbildung nach Nanda 2005)

Nanda et al. (2005) heben deswegen die Frühbehandlung (schon im Milchgebiss) der Progenie hervor, um frühzeitig Einfluss auf die vertikale Entwicklung von Klasse-III-Patienten nehmen zu können.

Sato et al. (2005) betrachten die Klasse-III-Malokklusion als eine vertikale Anomalie. Lange fand man für diese Sichtweise kein Verständnis, und bei kieferorthopädischen Behandlungen der Klasse-III-Malokklusion wurde versucht, nur anteroposterior eine Verbesserung zu erreichen. Behandlungsversuche mit Kinnkappe, langen Klasse-III-Gummizügen, Extraktion von Prämolaren, sagittale Spaltung des Unterkiefers usw. basieren alle auf der Ansicht, diese Malokklusion als anteroposteriores Problem zu verstehen. Das posttherapeutische „Rezidiv“ führt Sato darauf zurück, dass diese Fehlentwicklung nicht auch als ein vertikales Problem verstanden wird.

Battagel (1993) verglich unbehandelte Progeniepatienten mit einer regelrechten Kontrollgruppe. Zusätzlich zu den bekannten Unterschieden in der sagittalen Entwicklung der Ober- und Unterkiefer zeichnete sich die Progeniegruppe durch einen Gesichtsschädelaufbau aus, der in der Vertikalen größere Zuwächse aufweist. Die in der Kontrollgruppe stattgefundene Abflachung der Okklusionsebene konnte in der Klasse-III Gruppe nicht beobachtet werden. **Sanborn** (1955) fand, dass der Gonionwinkel, ML-NSL Winkel, ML-Frankfurter Horizontale Winkel, Interbasiswinkel und ML-OccP Winkel bei Progeniepatienten vergrößert ist. Er zog das Fazit und formulierte: „eine erfolgreiche, stabile Progeniebehandlung sollte daher die oben genannte regelrechte Entwicklung in der vertikalen Ebene erzielen.“

Bisher wurde bei wissenschaftlichen Studien auf eine wachstumsmusterbezügliche Trennung der behandelten und ausgewerteten Probanden mit Progenien verzichtet. In der eigenen Studie sollte geprüft werden, ob Patienten mit vertikalen und horizontalen Rotationsmuster bei Progeniepatienten metrisch zu trennen sind und ob sich für die Erfolgsbewertung der Behandlung Unterschiede nachweisen lassen. Der Vergleich mit der Gruppe von Kindern mit regelrechter Gebissentwicklung ist nicht nur altersgerecht deckungsgleich möglich. Er erlaubt auch eine Orientierung für eingetretene aber auch für nicht nachweisbare, d. h. nicht signifikante Veränderungen. Eine alleinige Gegenüberstellung der beiden Progeniegruppen mit den Normtabellen erwachsener Probanden lässt die Behandlungsergebnisse im Wachstumsvergleich von Angle Klasse III schwer darstellen.

Unbehandelte Probanden mit Angle Klasse III liegen aus ethischen Gründen in der Langzeitbeobachtung nicht vor.

Vertikale Analyse:

In der vorliegenden Arbeit konnte anhand beider verwendeten Analysemethoden (kephalometrische Analyse, Tensoranalyse) nachgewiesen werden, dass es im Laufe der Behandlung mittels FR-III zu einer anterioren Rotation des Unterkiefers kommt. Diese Rotation verstärkte sich besonders während der Retentionszeit, bis zum Zeitpunkt der Nachkontrolle. Erwartungsgemäß war diese Entwicklung deutlicher in der horizontalen Progeniegruppe. Für die vertikale Progeniegruppe ergaben sich bei der kephalometrischen Analyse keine signifikanten Unterschiede zwischen der 1. und 2. Untersuchung und zwischen der 1. und 3. Untersuchung. Die Parameter Relation der Gesichtshöhen (FHR) und Gonionwinkel deuteten jedoch auf eine anteriore Rotation, die durch einen statistisch nachweisbaren Trend gezeichnet war. Die Tensoranalyse konnte sogar die Richtung des Wachstums deutlich veranschaulichen. Die signifikanten Unterschiede zwischen der Richtungsänderung des Unterkieferwachstums (Dreieck Ar.Go.Me) in der Kontrollgruppe und in der vertikalen Progeniegruppe bestätigt diese Aussage. Die Neigung der Maxilla zur Schädelbasis zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen den Untersuchungsgruppen und der Kontrollgruppe. Auch innerhalb der einzelnen Gruppen gab es keine signifikanten Unterschiede, obwohl sich durchschnittlich die Neigung der Maxilla zur Schädelbasis vergrößert hat (posteriore Rotation). Die Tensoranalyse der Dreiecke S.N.A und S.Spp.A zeigte eine signifikante posteriore Rotation der Maxilla in der horizontalen Progeniegruppe. Das Dreieck Spp.A.B, das die Lagebeziehung zwischen Ober- und Unterkiefer beschreibt, zeigte in den beiden Progeniegruppen, aber besonders in der Gruppe Vertikal, im Vergleich zu der Kontrollgruppe eine anteriore Rotation des Kieferkomplexes, die logischerweise mit der Abflachung der Okklusionsebene einhergeht. Die vertikale Entwicklung des Ramus (Dreieck Ar.Spp.Go) war bemerkenswerterweise in allen Gruppen (Gruppe H, V und K) sehr ähnlich. Genauso ähnlich waren die vertikalen Zuwächse im Dreieck S.Spp.Ba. Die Entwicklung der hinteren Gesichtshöhe ist deshalb in den beiden Progeniegruppen mit der der Kontrollgruppe vergleichbar. Auffällig ist, dass die horizontale Progeniegruppe bezüglich des vertikalen Wachstums der hinteren Gesichtshöhe und der anterioren Rotation unter der Erwartung geblieben ist.

Sagittale Analyse:

Der SNA-Winkel hat sich im gesamten Betrachtungszeitraum in den beiden Untersuchungsgruppen nicht signifikant geändert. Das heißt, dass das sagittale Oberkieferwachstum mit dem der Schädelbasis Schritt gehalten hat. Dasselbe galt für den

SNB Winkel. Im Gegensatz dazu haben sich diese beiden Winkel in der Kontrollgruppe signifikant vergrößert. Das bedeutet, die sagittale Entwicklung des A-Punktes blieb in den Untersuchungsgruppen hinter der der Kontrollgruppe zurück. Das bedeutet aber auch, dass der B-Punkt durch die Behandlung in seiner Anteriorentwicklung gebremst wurde.

Der ANB-Winkel verkleinerte sich in der Kontrollgruppe signifikant. Der von Anfang an viel kleinere ANB-Winkel in den Progeniegruppen (Ausdruck der skelettalen Klasse III) hat sich dagegen nicht signifikant geändert. Das ist auf die Wirkung des Therapiemittels zurückzuführen. Der WITS-Wert erfuhr in allen drei Gruppen keine signifikante Änderung. Da die von **Ngan** (1992) und **McDonald** (1999) beschriebene regelrechte anteriore Rotation der Mandibula und die damit verbundene Abflachung der Okklusionsebene auch bei den Progeniepatienten durch die Behandlung erzielt werden konnte, hat sich der WITS-Wert in den Untersuchungsgruppen nicht weiter verschlechtert.

Der SNPg-Winkel nahm in der horizontalen Progeniegruppe und in der Kontrollgruppe signifikant und in der vertikalen Progeniegruppe nicht signifikant zu. Die Ursache liegt in der stärkeren anterioren Rotation in der Gruppe Horizontal und in der Kontrollgruppe.

Bei Betrachtung der sagittalen Entwicklung mittels der Tensoranalyse wird deutlich, dass sich die Dreiecke, die die Oberkieferregion beschreiben (S.N.A, S.Spp.A, S.Spp.Ba), in den beiden Progeniegruppen genau so gut entwickelten wie in der Kontrollgruppe.

Die sagittale Wachstumshemmung des Unterkiefers in den Untersuchungsgruppen wurde mittels der Tensoranalyse bestätigt (Dreiecke Ar.Go.Me, Ar.Spp.Go und Spp.A.B).

Metrische Analyse:

In den 3 Gruppen haben sich die Längen der vorderen Schädelbasis, des Ober- und Unterkiefers signifikant vergrößert. Die Oberkieferlängenzunahme in den Untersuchungsgruppen war zur Zeit der 2. Untersuchung (Ende der aktiven Behandlung) mit 4,4 mm (horizontale Progenie) und 3,7 mm (vertikale Progenie) größer als die der Kontrollgruppe (3,3 mm). Die zur 1. Untersuchung signifikant kürzere Oberkieferlänge in der Gruppe V im Vergleich zur Gruppe K ist zur 2. Untersuchung mit der Länge des Oberkiefers der Kontrollgruppe vergleichbar. Die vorwiegend von einem defizitären Oberkieferwachstum betroffene vertikale Progeniegruppe konnte mittels FR-III positiv beeinflusst werden. Die Länge des Oberkiefers der Gruppe H ist zu diesem Untersuchungszeitpunkt (2. Untersuchung) signifikant länger als die der Gruppe K. Diese Ergebnisse bestätigen die Untersuchung von **Fränkel** 1970.

Der Unterkiefer erfuhr in den beiden Progeniegruppen eine Längenzunahme von 10,3 mm (zur Zeit der 2. Untersuchung), in der Kontrollgruppe dagegen nur von 8,1 mm.

Nach der Therapie (Zeitraum zwischen 2. und 3. Untersuchungen) ist die nachhaltige Wirkung auf den Unterkiefer sehr deutlich zu beobachten.

Die Unterkieferlängenzunahme ist in der Kontrollgruppe mit 15,8 mm größer als die in den Untersuchungsgruppen (13,7 mm horizontale Progeniegruppe, 13,1 mm vertikale Progeniegruppe). Die Oberkieferlänge nahm zur 3. Untersuchung in allen 3 Gruppen gleichermaßen zu, mit leichtem Vorteil für die Kontrollgruppe (Gruppe K 5,5 mm, Gruppe H 5,1 mm und Gruppe V 4,4 mm).

Während in der aktiven Behandlungsphase (1. bis 2. Untersuchung) eine vorwiegend auf das Oberkieferwachstum wirkende Entwicklung erzielt wurde, hat der Funktionsregler Typ III seine Wirkung, in Form von Wachstumshemmung, während der Retentionsphase auf den Unterkiefer fortgesetzt. Diese hemmende Wirkung lässt sich nur durch den früh erzielten regelrechten Überbiss und die damit verbundene harmonische Entwicklung des Kieferkomplexes erklären. Die nachgewiesene anteriore Rotation in den Progeniegruppen sichert den vertikalen Schneidezahnüberbiss zusätzlich.

Die Förderung des Oberkieferwachstums, sowie die Hemmung des Unterkieferwachstums, auch die Beeinflussung der Rotation durch den Funktionsregler ist damit bestätigt.

Die nicht signifikanten Unterschiede der Dilatationen und Größenänderungen zwischen Kontroll- und Untersuchungsgruppen in allen in der Tensoranalyse untersuchten Dreiecken bestätigen die kephalometrischen Ergebnisse.

Dentale Analyse:

Am Ende des Betrachtungszeitraumes kam es in der vertikalen Progeniegruppe zu einer signifikanten Protrusion und Anteposition der oberen Inzisivi. Die unteren Schneidezähne erfuhren eine signifikante Änderung ihrer Position. Mit 3,6 mm war der Abstand UK1-NB zur 3. Untersuchung regelrecht. Die Inklination der unteren Inzisivi hat sich kaum geändert.

In der horizontalen Progeniegruppe hat einzig eine signifikante Änderung der Position der oberen Inzisivi stattgefunden. Zur Nachkontrolle standen die oberen Schneidezähne mit 5,5 mm leicht antepositioniert.

Nach **Steiner's** individualisierten Sollwerten der Schneidezahnstellung in Abhängigkeit vom ANB-Winkel (1953, 1960) stehen die Schneidezähne in den Untersuchungsgruppen nach der Behandlung mit FR-III in Harmonie zum ANB-Winkel, das heißt zur sagittalen skelettalen Lage der Kieferbasen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit bestätigen die von Fränkel (1970) beschriebene sagittale Nachentwicklung der Maxilla, sowie die Hemmung des sagittalen Wachstums der Mandibula bei den mit FR-III behandelten Progeniepatienten.

Die von vielen Autoren beschriebene (**Graber, Rakosi, Petrovic** 1997); (**McNamara, Hugu** 1985); (**Kohmura, Tokuda, Hara** 1986); (**Ülgen, Firatli** 1994); (**Loh, Kerr** 1985); (**Kerr, Ten Have** 1988); (**Kerr, Ten Have, McNamara** 1989); (**Proffit** 2000) posteriore Rotation des Unterkiefers konnte nicht nachgewiesen werden. Im Gegenteil, eine anteriore Rotation des gesamten Kieferkomplexes hat unter der Behandlung mittels Funktionsreglers Typ III stattgefunden. Diese Entwicklung in der vertikalen Ebene ähnelte der von **Björk** (1963, 1969), **Sato** (2005), **Ngan** (1992), **McDonald** (1999) beschriebenen Entwicklung ihrer untersuchten Probanden mit regelrechter Gebissentwicklung.

Battagel (1993) und **Sanborn** (1955) haben festgestellt, dass Patienten mit skelettaler Klasse III Entwicklung größere Zuwächse in der vertikalen Ebene aufwiesen (vergrößerter Gonionwinkel, vergrößerte ML-NSL und ML-Occ-P-Winkel). Dies wird erklärlich, da die Patienten in den Untersuchungen, die eine posteriore Rotation des Unterkiefers als Haupteffekt der Behandlung mit FR-III herausfanden, entweder erst im Alter von 10 Jahren und/oder nur für kurze Zeit 1 – 2 Jahren behandelt wurden. Meistens wurde nur eine konventionelle Kephalexometrie durchgeführt. Eine wichtige Wachstumsphase für den Oberkiefer während des Schneidezahnwechsels wurde damit verpasst. Eine Behandlungsdauer von 1 – 2 Jahren ist zu kurz, um das skelettale Wachstum nachhaltig zu beeinflussen. Das Alter von 9 – 12 Jahren ist das Alter, in dem eine 3. physiologische Bisshebung stattfindet (Wechsel der Stützzonen, Durchbruch der 12. Jährlingmolaren). Eine Bisshebung ist zu diesem Zeitpunkt zu erwarten. Außerdem erfährt der Unterkiefer seinen Wachstumsschub erst mit 12 Jahren oder später (bei Progeniepatienten kann das bis zum 16. Lebensjahr dauern). Eine Behandlung mit dem Funktionsregler Typ III, die diese Phase nicht mit einbezieht, kann für die Beurteilung dieses Gerätes nicht verwendet werden.

Im englisch-amerikanischen Raum wird meistens nach einer relativ kurzen Behandlungszeit mit herausnehmbaren Apparaturen eine Multi-Band-Behandlung durchgeführt. Außerdem stellt die begleitende Behandlung mit der Kopf-Kinn-Kappe eine übliche Methode dar. Einige Behandler benutzten sogar die Kopf-Kinn-Kappe zusammen mit dem Funktionsregler.

Die Anwendung der Kinnkappe im jugendlichen Alter führt zwar zu einer Verlagerung des Kinns dorsalwärts, erzeugt aber eine Verformung des Unterkiefers mit einer Wachstumsverminderung des aufsteigenden Astes bzw. des Kondylus, eine Schließung des Kieferwinkels und eine Umlenkung des mandibulären Zuwachses im Sinne einer posterioren Rotation (**Graber 1977**); (**Lavergne, Charlier 1974**); (**Lavergne, Gasson 1977**).

Ebenfalls verursacht die Behandlung mit festsitzenden Apparaturen eine posteriore Rotation des Unterkiefers, durch Extrusion der Seitenzähne.

Das Konzept der Behandlung mit dem Funktionsregler basiert auf der Tatsache, dass eine dentoalveoläre und skelettale Fehlstellung im Zusammenhang mit einer Störung des umgebenden Weichteilmilieus steht. Haltungsschwächen beeinträchtigen eine normale dentoalveoläre aber auch skelettale Entwicklung (**Fränkel 1980**). Der Funktionsregler als funktionskieferorthopädisches Gerät wirkt über Muskelkräfte. Eine Rotation im Uhrzeigersinn (vertikales Wachstumsmuster) beansprucht die Weichteile im größeren Maße als eine Rotation entgegen dem Uhrzeigersinn. Bei der ersten Gruppe entsteht eine größere Spannung der Muskulatur. Die offene Mundhaltung bei vielen vertikal wachsenden Patienten ist ein Ausdruck dafür (**Bryant 1981**). **Grabowski et al (2007 a)**, **Stahl et al (2007)** und **Grabowski et al (2007 b)** haben in einer umfangreichen Studie die Belastung von Kindern durch statische (z. B. die offene Mundhaltung) und dynamische Fehlfunktionen nachgewiesen. Kinder mit progenen Anomalien sind davon signifikant häufiger als Kinder mit anderen Anomalien oder regelrechten Gebissen betroffen. Zurzeit untersuchen Bernhardt und Mattes die Zungenruhelage im Fernröntgenbild. Sie konnten eine signifikant anteriore Lage der Zunge bei Klasse III Probanden feststellen (**Bernhardt, Mattes, Grabowski 2008**).

Isaacson et al (1971) vermuteten, dass die Patienten mit horizontalem Wachstumsmuster einen breiteren oberen Zahnbogen besitzen, da die umgebende muskuläre Spannung geringer ist.

Ein Gerät wie der Funktionsregler kann daher diese unterschiedliche Muskelspannung bei den verschiedenen Wachstumsmustern gezielt ausnutzen, um wachstumslenkende Wirkungen zu erzeugen. Einen Hinweis darauf gab zum Beispiel die unterschiedliche vertikale Entwicklung des aufsteigenden Astes (Dreieck Ar.Spp.Go) in den 3 Untersuchungsgruppen.

Bei vorhandener frontaler Abstützung wird erwartet, dass bei einem horizontalen Wachstumsmuster eine größere Zunahme der Ramuslänge stattfindet. Unter der Behandlung war die Längenzunahme des aufsteigenden Astes am Ende des Beobachtungszeitraumes bei den Probanden der Gruppe H nicht signifikant unterschiedlich. Durchschnittlich übertraf die Längenzunahme des Ramus in der Gruppe „vertikale Progenie“ die der Kontrollgruppe und die der horizontalen Progeniegruppe.

Einige Studien (**Bryant**, 1981), (**Tollaro, Baccetti and Franchi** 1995) haben das Rotationsverhalten des Unterkiefers bei behandelten Progeniepatienten untersucht. Sie benutzten dafür die von **Björk** (1969) und **Björk und Skieller** (1972, 1983) entwickelte Überlagerungsmethode, die stabile Strukturen im Unterkiefer verwendet. Beide Studien stellten eine anteriore Rotation des Unterkiefers fest. **Bryant** (1995) hat zum Vergleich eine konventionelle Überlagerungsmethode benutzt (auf SN-Linie). Die Ergebnisse fanden das Gegenteil heraus, d.h. eine posteriore Rotation des Unterkiefers.

Durch Umbauprozesse am unteren Rand des Unterkieferkörpers wird die stattgefundenen Rotation des Unterkiefers maskiert, wenn eine konventionelle Methode der Überlagerung verwendet wird (**Björk und Skieller**, 1972), (**Bailey**, 1975).

Diese durch den Funktionsregler erzielte anteriore Rotation des Unterkiefers hat **Fränkel** schon in seinem 1989 erschienen Buch (Orofacial Orthopäedics with the Function Regulator) beschrieben (Abb. 65)

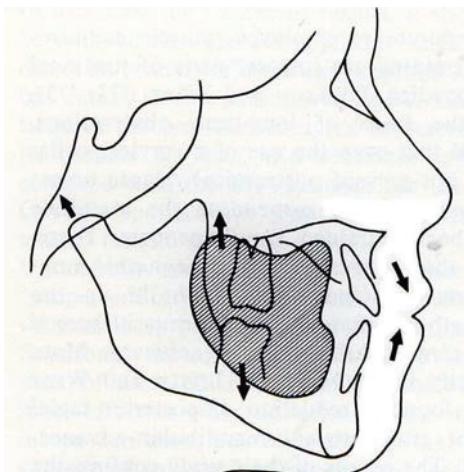


Abb. 65: Schematische Darstellung des anterioren Rotationseffektes des Funktionsreglers. Die posterioren Ränder der Wangenschilder wirken wie ein Rotationszentrum, um welches die Mandibula nach anterior rotiert, wenn der Lippenschluss gesichert ist.

Abbildung nach **Fränkel** 1989.

Die Schließung des Gonionswinkels, sowie die anteriore Rotation des gesamten Kieferkomplexes und die damit verbundene Abflachung der Okklusionsebene bei den von **Fränkel** behandelten Progeniepatienten konnte er in seinen Nachuntersuchungen (1989) ebenfalls beweisen (Abb. 66 a, b, c).

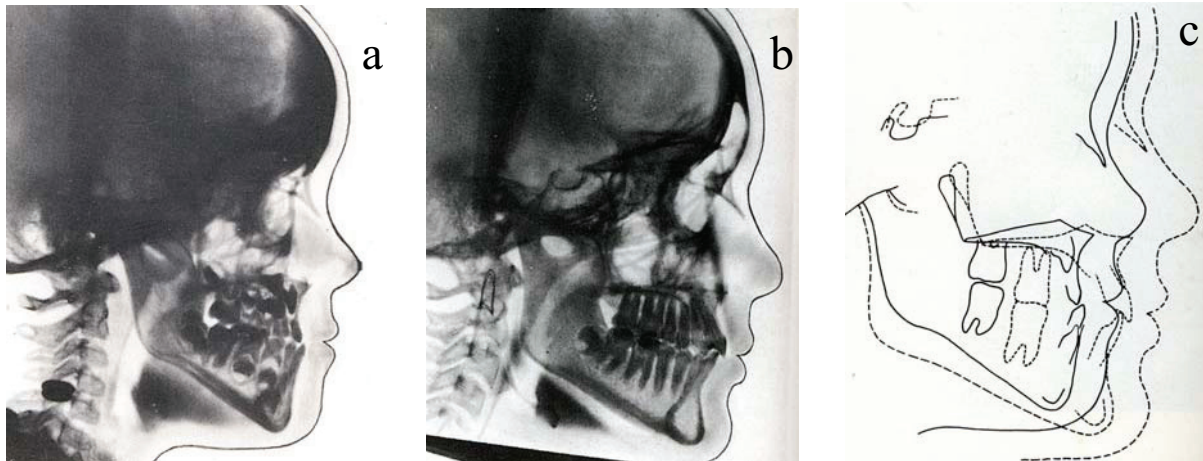


Abb. 66: Behandlung eines Progeniepatienten mittels FR-III zeigt die anteriore Rotation des Unterkiefers und des Kieferkomplexes mit Abflachung der Okklusionsebene. a: Anfangsfernrontgen; b: Abschlussfernrontgen; c: Überlagerung der beiden Fernrontgenaufnahmen. (Abbildung nach **Fränkel** 1989).

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit bestätigen die von Fränkel beschriebenen Wirkungen des Funktionsreglers ohne Einschränkungen.

Die Untersuchung belegt außerdem, dass Progenien mit verschiedenen Rotationsmustern gezielt beeinflusst werden, so dass eine Harmonie zwischen der Gebissentwicklung und dem Weichteilmilieu entsteht.

Sowohl die Patienten der horizontalen Progeniegruppe als auch die der vertikalen Progeniegruppe erfuhren im Laufe der Behandlung mit dem Funktionsregler Typ III eine anteriore Rotation des Unterkiefers und eine Abflachung der Okklusionsebene.

Die größere Längenzunahme des aufsteigenden Astes in der Gruppe V macht die differenzierte, vom Wachstumsmuster abhängige Wirkung des Behandlungsmittels deutlich.

Bei einer Progenie mit vertikalem Wachstumsmuster spielt das diffizitäre Oberkieferwachstum eine entscheidende Rolle bei der Entstehung der Anomalie. Eine horizontale Progenie weist extrem übermäßiges Wachstum des Unterkiefers aus. Der Funktionsregler Typ III konnte gezielt beide Formen der Progenie beeinflussen.

Die Entwicklung des Gesichtsschädels und des Gebisses in den behandelten Gruppen ähnelte denen der Kontrollgruppe.

Zusammenfassend bewirkt der Funktionsregler Typ III eine sagittale Nachentwicklung der Maxilla und eine sagittale Hemmung der Mandibula. Die geringen dentalen Kompensationen sind bezogen auf den Schweregrad der Anomalie vertretbar. Eine der regelrechten Entwicklung ähnliche anteriore Rotation des Unterkiefers, Absenkung der Maxilla und Abflachung der Okklusionsebene sind weitere positive Wirkungen.

Nach der schnellen Korrektur des unteren Frontzahnvorbisses ist eine anteriore Rotation mit dem Zentrum der Rotation an den Schneidezähnen geeignet, eine regelrechte Gebissentwicklung auch über den puberalen Wachstumsschub zu garantieren (**Björk** und **Skieller** 1972). Nur ein solider vertikaler Schneidekantenüberbiss ist in der Lage, auch nach der kieferorthopädischen Therapie mit dem Funktionsregler Typ III ein kontrolliertes Unterkieferwachstum zuzulassen und das Oberkieferwachstum durch die physiologischen Okklusionskontakte zu stimulieren.

6. Zusammenfassung

Zielstellung der vorliegenden Arbeit befasste sich mit folgenden Aufgaben:

- Ist es möglich Progeniepatienten nach ihrem vertikalen Gesichtsschädelaufbau zu differieren?
- Gibt es eine unterschiedliche Reaktionsweise auf die Behandlung mit dem Funktionsregler Typ III, in Abhängigkeit vom vertikalen Gesichtsschädelaufbau der Progeniepatienten?
- Wie verläuft das Wachstum nach Beendigung der kieferorthopädischen Therapie?
- Prüfung der Zuverlässigkeit einer alternativen Analyse „Rostocker Tensor Analyse (ROTA)“, gegenüber der metrischen Kephalometrie bezüglich der Aufgabestellungen 1 bis 3.
- Zusammenfassende Erfolgsbewertung der Behandlung der skelettalen Klasse III mittels Funktionsregler Typ III.

27 Patienten, die ausschließlich mit dem Funktionsregler Typ III behandelt wurden, stellten die Untersuchungsgruppe dar. Diese Patienten mussten folgende Kriterien erfüllen:

- Vorhandensein eines unteren Frontzahnvorbisses oder dessen dentaler Kompensation bei basaler Klasse III Relation und metrischer Überentwicklung des Unterkiefers
- Es mussten mindestens drei Fernröntgenseitenbilder vor Beginn, am Ende der aktiven Behandlung und zwei Jahre danach (Nachkontrolle) vorhanden sein.
- Patienten mit Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalten und mit Syndrom wurden ausgeschlossen.

Da das Interesse an dem unterschiedlichen Verhalten von Progeniepatienten mit unterschiedlichem Rotationsmuster unter der Behandlung mit dem Funktionsregler Typ III lag, erfolgte die Unterteilung der Untersuchungsgruppe deshalb nach dem Wachstumsmuster in der vertikalen Ebene. Eine vertikale (n = 16 Patienten) und eine horizontale (n = 11 Patienten) Untersuchungsgruppe wurden gebildet.

Als Kontrollgruppe dienten 31 Probanden, mit regelrechter Gebissentwicklung, aus der Längsschnittuntersuchung von **Klink-Heckmann**. Diese Probanden wiesen ein neutrales Wachstumsmuster und eine skelettale Klasse I auf.

Von jedem untersuchten Probanden mussten drei Fernröntgenaufnahmen vorliegen: vor Beginn der Behandlung (7,6 J), zum Ende der aktiven Behandlung (13,6 J), sowie zwei Jahre danach (Nachkontrolle). So konnte die nachhaltige Wirkung des Therapiemittels untersucht werden.

Die Fernröntgenaufnahmen wurden mittels zwei unterschiedlicher Verfahren (die metrische Kephalmetrie und die Tensoranalyse) ausgewertet.

In der vertikalen Analyse konnte eine der regelrechten Kontrollgruppe ähnliche anteriore Rotation des Unterkiefers und des Kieferkomplexes in den beiden Progeniegruppen im Laufe der Behandlung, sowie während der Retentionszeit nachgewiesen werden.

Die vertikale Entwicklung der hinteren Gesichtshöhe war in den beiden Progeniegruppen mit der der Kontrollgruppe vergleichbar. Entgegen der Erwartung blieben das vertikale Wachstum des Ramus und die anteriore Rotation des Unterkiefers in der Gruppe H zurück im Vergleich sowohl zur Gruppe V, als auch zu der Kontrollgruppe. Es lässt sich deshalb sagen, dass der Funktionsregler Typ III das Rotationsmuster und die vertikale Entwicklung des Gesichtsschädels regulierend beeinflussen konnte.

Sagittal ergab sich in den beiden Untersuchungsgruppen eine Hemmung des Unterkieferwachstums. Die Nachentwicklung des Oberkiefers wurde mittels der Tensoranalyse deutlich.

Die vorwiegend von einem defizitären Oberkieferwachstum betroffene vertikale Progeniegruppe konnte mittels des Funktionsreglers Typ III positiv beeinflusst werden. Die Länge des Oberkiefers der Gruppe H war nach Beendigung der Behandlung signifikant länger als in der Kontrollgruppe. Die Längenzunahme des Unterkiefers war am Ende des Betrachtungszeitraums in der Kontrollgruppe (15,8 mm) am größten. Damit erfuhren die beiden Untersuchungsgruppen unter der Behandlung eine deutliche Hemmung des Unterkieferwachstums.

Der Funktionsregler Typ III konnte die zeitlich unterschiedlichen Wachstumsphasen der beiden Kiefer gezielt nutzen. Während der Oberkiefer vorwiegend in den frühen Phasen der Behandlung in seinem Wachstum stimuliert wurde, erfuhr der Unterkiefer in der späteren Retentionsphase eine hemmende Wirkung. Der frühzeitig erzielte Überbiss und die anteriore Rotation des Unterkiefers spielten dabei eine wichtige Rolle.

Die dentale Analyse der Untersuchungsgruppen ergab eine leichte dentale Kompensation der skelettalen Klasse III, die in Harmonie mit dem ANB-Winkel stand.

Am Ende des Beobachtungszeitraums zeigten alle behandelten Patienten regelrechte Gebisse in allen Ebenen.

Die Erfassung der Änderungen im Gesichtsschädelbereich im Laufe des Wachstums, bzw. während einer kieferorthopädischen Behandlung, kann mittels der herkömmlichen kephalometrischen Analyseverfahren bedingt erfolgen. Ein Problem aller kephalometrischen Analysen besteht in der Definition von „Normwerten“, anhand derer nur eine tendenzielle Orientierung möglich ist.

Eine zusätzliche Fehlerquelle im Umgang mit herkömmlichen kephalometrischen Analysen ergibt sich aus der Verwendung von Referenzstrukturen, die als „wachstumsstabil“ angenommen werden. Die Messergebnisse werden durch diesen Irrtum nachhaltig beeinflusst. Die Tensoranalyse bietet hierbei eine wertvolle Alternative, um die Wachstums- und Entwicklungsveränderungen zu quantifizieren.

Schlussfolgend wirkt der Funktionsregler Typ III stimulierend auf den Oberkiefer und hemmend auf den Unterkiefer. Der frühzeitig erzielte frontale Überbiss wird durch die anteriore Rotation des Unterkiefers unterstützt. Die Abflachung der Okklusionsebene ist dabei eine positive Nebenwirkung.

Ein frühzeitiger (vor dem, bzw. während des Schneidezahnwechsels im Oberkiefer) Behandlungsbeginn bei Kindern mit Progenien ist entscheidend für die Therapie. Somit wird nicht nur der sagittale Wachstumsschub des Oberkiefers ausgenutzt, sondern auch die vertikale Entwicklung regulierend und nachhaltig beeinflusst. Der Funktionsregler Typ III kann die unterschiedliche Muskel- und Weichteilspannung in den verschiedenen Wachstumsmustern gezielt und regulierend ausnutzen, um wachstumslenkende Wirkungen zu erzeugen. Die unterschiedliche vertikale Entwicklung des aufsteigenden Astes in den drei Untersuchungsgruppen bestätigt diese Wirkung. Eine Behandlungsdauer bis zum Ende des Wachstumsschubs ist für die Stabilität des Behandlungsergebnisses unumgänglich. Der Funktionsregler Typ III konnte während der Retentionsphase das starke Wachstum des Unterkiefers effektiv bremsen.

Eine vertikale Progenie zeichnet sich vorwiegend durch ein defizitäres Oberkieferwachstum aus, während bei einer horizontalen Progenie das übermäßige Unterkieferwachstum überwiegt. Der Funktionsregler Typ III konnte beide Formen der Progenie erfolgreich behandeln

7. Literaturverzeichnis

1. Angle, E.

Behandlung der Okklusionsanomalien der Zähne. Autorisierte deutsche Übersetzung. MEUSSER, Berlin 1908

2. Ash, M.M.; Ramfjord, S.

Occlusion, 4th edn. Philadelphia: WB Saunders, 1995: 377-378

3. Arvystas, M.

Treatment of marked anteroposterior and transverse discrepancies in mandibular prognathism. Am. J. Orthodont. 72 (1977), 513-525

4. Bailey, F.R.

Effects at mandibular growth rotation, M. Sc Thesis, University of West Virginia 1975.

5. Battagel, J.M.

The aetiological factors in class III malocclusion, European Journal of Orthodontics 15, 1993; 347-370

6. Beetke, S.

Gesichtsschädelwachstum bei orthognathen Patienten Eine Longitudinalstudie vom 6. bis 18. Lebensjahr mittels Tensoranalyse. Inauguraldissertation zur Erlangung des akademischen Grades doctor medicine dentariae (Dr. med. dent.) der Medizinischen Fakultät der Universität Rostock 2003.

7. Benauwt, A.

Beobachtung der Wachstumskurve bei Klasse-III-Fällen Informationen (1978), 159-186

8. Bernhart, J.; Mattes, V.; Grabowski, R.

Die Zunge im Fernröntgenbild methodische Möglichkeiten der Lagedefinition. Posterdemonstration auf der 81. wissenschaftlichen Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kieferorthopädie

9. Bhatia, S.N.; Leighton, B.C.

A manual of facial growth. A computer analysis of longitudinal cephalometric growth data. Oxford Univ. Press 1993

10. Bimler, H.P.

Die Behandlung der Progenien mit Gebissformern. Zahnärztl. Welt 1952; 7: 549-555

11. Björk, A.

Variation in the growth pattern of the human mandible longitudinal radiographic study by the implant method, Journal of Dental Research, 1963; 24, 400 411

12. Björk, A.

Prediction of mandibular growth rotation. Am J Orthod 1969; 55: 585 599

13. Björk, A.; Skieller, V.

Facial development and tooth eruption an implant study at the age of puberty, American Journal of Orthodontic, 1972; 62, 339-389

14. Björk, A.; Skieller, V.

Normal and abnormal growth of the mandible. A synthesis of longitudinal cephalometric implant study over a period of 25 years. Eur J Orthod 1983; 5: 1 46

15. Bookstein, F.L.

On the cephalometrics of skeletal change. Am. J. Orthod. 1982; 82: 177-198

16. Broadbent, B.H.

Practical Orthodontics, St Louis, C. V. Mosby, 1948; Seite 208

17. Brodie, A.G.

Some recent observations on growth of the face and thier implications to the orthodontist. Am J Orthodand Oral Surgery, 1940; 26: 741-757

18. Brodie, A.G.

On the growth of the human head from the third month to the eighth year of life. Am J Anatomy, 1941; 68: 209-262

19. Brodie, A.G.

Facial patterns: a theme and variations. Angle Orthod, 1946; 16: 75-87

20. Brune, Y.

Auswirkung der Behandlung von Progeniepatienten mit dem Funktionsregler Typ III nach Fränkel. Eine Auswertung mit Hilfe der individualisierten Kephalmetrie und der Tensoranalyse. Inauguraldissertation zur Erlangung des akademischen Grades doctor medicine dentariae (Dr. med. dent.) der Medizinischen Fakultät der Universität Rostock 2003.

21. Bryant, P.M.F.

Mandibular Rotation and Class III Malocclusion, British Journal of Orthodontics, Vol. 8, 1981, 61 75

22. Creekmore, T.

Inhibition or stimulation of vertical growth of the facial complex, its significance to treatment, Angle Orthodontist, 1967; 37, 285-297

23. Dacosta, O.O.

The prevalence of malocclusion among a population of northern Nigeria school children. West Afr. J. Med. 1999 Apr Jun; 18 (2): 91-6.

24. Dahlberg, G.

Statistical Methods for medical and biological students. New York: Interscience Publications. 1940

25. Dausch-Neumann, D.

Progenie und Fernröntgenbild. Fortschr. Kieferorthop. 1959; 20: 117-132

26. Deguchi, T.; Kuroda, T.; Hunt, N.P.; Graber, T.M.

Long-term application of chin cup force alters the morphology of the dolichofacial class III mandible. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1999; 116: 610-615

27. Fine, M.B.; Lavelle, C.L.

Diagnosis of skeletal form on the lateral cephalogram with a finite element-based expert system. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1992, 101: 318-329

28. Fränkel, R.

The theoretical concept underlying the treatment with functional correctors. Trans Eur Orthod Soc. 1966; 42:233-54

29. Fränkel, R.

The practical meaning of the functional matrix in orthodontics. Trans Eur Orthod Soc. 1969; 45:207-19

30. Fränkel, R.

The treatment of Class II, Division 1 malocclusion with functional corrector. Am J Orthod 1969; 55:265-75

31. Fränkel, R.

Maxillary retrusion in Class III and treatment with the function corrector III. Trans Eur Orthod Soc 1970; 249-59

32. Fränkel, R.

Guidance of eruption without extraction. Trans Eur Orthod Soc. 1971; 47:303-15

33. Fränkel, R.

Decrowding during eruption under the screening influence of vestibular shields. Am J Orthod 1974; 65:377-406

34. Fränkel, R.

A functional approach to orofacial orthopedics. Br J Orthod 1980; 7:41-51

35. Fränkel, R.; Fränkel, C.

A functional approach to the treatment of skeletal open-bite. Am J Orthod 1983; 84:54-68

36. Fränkel, R.; Muller, M.; Falck, F.

The uprighting effect of the Fränkel appliance on the mandibular canines and premolars during eruption. Am J Orthod Dentofac Orthop 1987; 92:109-16

37. Fränkel, R.; Fränkel, C.

Orofacial orthopedics with the function regulator. Basel, München, Paris, London, New York, New Delhi, Singapore, Tokyo, Sidney: Karger, 1989

38. Fränkel, R.; Fränkel, C.

Clinical implication of Roux's concept in orofacial orthopedics. Fortschritte Kieferorthopädie. 2001 Jan; 62 (1): 1-21

39. Gedrange, T.; Harzer, W.

Der Einfluss der Muskulatur auf die postnatale Gesichtsentwicklung und Möglichkeiten zur Diagnostik; Journal of orofacial orthopedics, J. Orofac Orthop 2004; 65:451-66)

40. Goret-Nicaise, M.

Über das Wachstum des Unterkiefers beim Menschen. Fortschr. Kieferorthop. 1981; 42: 405-427

41. Graber, L.W.

A study of orthopedic forces in Angle-class III malocclusion in 5 to 7 years old boys and girls. Master thesis, Northwestern University

42. Graber, L.W.

Chincap therapy for mandibular prognathism. Amer. J. Orthodont., 1977 ; 72, 23 41

43. Graber, T.M.; Rakosi, T.; Petrovic, A.G.

Dentofacial orthopedics with functional appliances, St. Louis: Mosby; 1997

44. Grabowski, R.; Fischer, J.

70. Wissenschaftliche Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kieferorthopädie e.V. 1997. Vortrag

45. Grabowski, R.; Stahl, F.; Gaebel, M.; Kundt, G.

Relationship between occlusal findings and orofacial myofunctional status in primary and mixed dentition. Part I: Prevalence of malocclusions, J Orofac Orthop. 2007 Jan;68(1):26-37

46. Grabowski, R.; Kundt, G.; Stahl, F.

Interrelation between occlusal findings and orofacial myofunctional status in primary and mixed dentition: Part III: Interrelation between malocclusions and orofacial dysfunctions, J Orofac Orthop. 2007 Nov;68(6):462-76.

47. Grayson, B.H.; Weintraub, N.; Bookstein, F.L.; McCarthy, J.G.

A comparative cephalometric study of the cranial base in craniofacial anomalies. Part II: Tensor analysis. 1985; 22: 75-87

48. Harzer, W.

LEHRBUCH DER KIEFERORTHOPÄDIE; MÜNCHEN; WIEN: HANSER, 1999

49. Hasund, A.

Klinische Kephalmetrie für die Bergen-Technik. KFO-Abteilung des zahnärztlichen Institutes der Univ. Bergen, Norwegen, 1976

50. Hausser, E.

Zur Genese und Ätiologie der Progenie. Dtsch. Stomatol. 1956; 6: 142-174

51. Hausser, E.

Variationskombinationen im Aufbau des Gesichtsschädels. Fortschr. Kieferorthop. 1971; 32: 425-436

52. Houston, W.J.B.

The analysis of errors in orthodontic measurements. Am. J. Orthod. 1983; 83: 382-390

53. Hyoung, S.B.; Sung, H.J.; Kee, J.L.; Tae, K.O.

Treatment effects of FRÄNKEL functional regulator III in children with Class III malocclusion, Am J Orthod Dentofacial Orthop 2004; 125: 294 301

54. Isaacson, J.R.; Isaacson, R.J.; Speidel, T.M.; Worms, F.W.

Extreme Variation in vertical facial growth and associated variation in skeletal and dental relations, Angle Orthodontists, 1971, 41, 219 229

55. Järvinen, S.

Saddle angle and maxillary prognathism: A radiologic analysis of the association between the NSAr and the SNA angles. Br. J. Orthod. 1984;11: 209-213

56. Järvinen, S.

Die Tensoranalyse in der kieferorthopädischen röntgenkephalometrischen Diagnostik. Eine Weiterentwicklung der Methode. Zahn- Mund- Kieferheilkd. 1987; 73: 445-450

57. Järvinen, S.

Bewertung der Anwendbarkeit eines mathematischen Modells in der röntgenkephalometrischen Diagnostik der sagittalen Gebissanomalien. Fortschr. Kieferorthop. 1989; 465-472

58. Jacobson, A.

The „wits“ appraisal of jaw disharmony. Am. J. Orthod. 1975; 67: 125-138

59. Kerr, W.J.S.; Ten Have, T.R.

Changes in soft tissue profile during the treatment of Class III malocclusion. British Journal of Orthodontics, 1987; 14: 243 249

60. Kerr, W.J.S.; Ten Have, T.R.

A comparison of three appliance systems in the treatment of class III malocclusions. Europ. J. Orthod. 1988; 10: 406-412

61. Kerr, W.J.S.; Ten Have, T.R.; McNamara, J. Jr.

A comparison of skeletal and dental changes produced by functional regulators (FR-2 and FR-3). Eur J Orthod 1989; 11:235-42

62. Klink-Heckmann, U.

Bedeutung des Fernröntgenbildes für die kieferorthopädische Diagnostik. Stomatol. DDR 1979; 29: 122-127

63. Klink-Heckmann, U.

Variationen des Gesichtsschädels bei regelrechtem Biß. Eine Darstellung mittels Tensoranalyse. Stomatol. DDR 1979; 378-382

64. Klink-Heckmann, U.; Bredy, E.

Kieferorthopädie. Leipzig, Heidelberg: J.A.Barth, 1990

65. Kohmura, T.; Tokuda, N.; Hara, S.

Effects of therapy using the function regulator (FR III) on the cases with the reversed occlusion. Jpn J Orthod 1986; 45:693-711

66. Korkhaus, G.

Moderne orthodontische Therapie. 2. Aufl. MEUSSER, Berlin 1932

67. Korkhaus, G.

Entwicklungsstörungen des Oberkiefers und des Mittelgesichtes. Fortschr. Kieferorthop. 1957; 18: 23-54

68. Latham, R.A.

The sella point and postnatal growth of the human cranial base. Am J Orthod. 1972; 61: 156-62

69. Lavergne, J.; Charlier, J.P.

Analyse céphalométrique des effets de la fronde mentonnière. Orthod. franc., 1974; 45, 269-275

70. Lavergne, J.; Gasson, N.

Rotational pattern of the mandible: an indication for treatment of class-III malocclusion with chin-cap. Trans. Europ. Orthod. Soc., 1977; 53, 237-243

71. Litton, S.F.

A genetic study of class III malocclusion. Amer. J. Orthodont. 1970; 58, 565-577

72. Loh, M.K.; Kerr, W.J.

The function regulator III: effects and indications for use. Br J Orthod 1985; 12:153-7

73. McDonald, K.E.; Kapust, A.J.; Furley, P.K.

Cephalometric changes after the correction of class III malocclusion with maxillary expansion / facemask therapie. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1999; 116: 13-14

74. McNamara, J.A.; Bookstein, F.L.; Shaughnessy, T.G.

Skeletal and dental changes following functional regulator therapy on class II patients. Am. J. Orthod. 1985; 88: 91-110

75. McNamara, J.A. Jr.; Hulse, S.A.

Functional regulator (FR-3) of Fränkel. Am J Orthod 1985; 88:409-24

76. Moyers, R.E.; Bookstein, F.L.

The inappropriateness of conventional cephalometrics. Am. J. Orthod. 1979; 75: 599-617

77. Mühlberg, G.; Schröter, U.; Zill, G.

Biological and statistical studies on the effect of Fränkels function regulator on the development of the base of the jaw and on the tipping of teeth. Fortschr Kieferorthop. 1968; 29:393-405

78. Müller, G.

Stemmkörperwirkung und Kiefergelenk. Fortschr. Kieferorthop. 1964; 25: 77-87

79. Nakasima, A.

Hereditary factors in the craniofacial morphology of angle's class II and class III malocclusions. Amer. J. Orthodont. 1982; 82, 150-156

80. Nanda, R.

Biomechanics and esthetic strategies in clinical orthodontics. 2005, Elsevier Inc.

81. Ngan, P.; Wie, S.H.; Hagg, U.; Yiu, C.K.; Merwind, D.; Stickel, B.

Effect of protraction headgear on class III malocclusion. Quintessence Int 1992; 23: 197-207

82. Ngan, P.

A tensor analysis to evaluate the effect of high-pull headgear on Class II malocclusions. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1993; 103: 267-79.

83. Owen, A.H.

Frontal facial changes with the Fränkel appliance. Angle Orthod 1988; 58:257-87

84. Panagiotidis, G.

Der individualisierte ANB-Winkel. Fortschr. Kieferorthop. 1977; 38: 408-416

85. Petrovic, A.; Stutzmann, J.

Experimentelle Untersuchung der kieferorthopädischen Beeinflussbarkeit des Gesichtswachstums. Fortschr. Kieferorthop. 1980; 4: 212-222

86. Proffit, W.R.

Contemporary orthodontics. St. Louis: Mosby: 2000

87. Protacio, C.; Sato, S.

The role of posterior discrepancy on the development of skeletal class III malocclusion Its clinical importance. Int. MEAW Tech Res Found 1995 M 2; 5-18

88. Rakosi, T.

Atlas und Anleitung zur praktischen Fernröntgenanalyse. München, Wien: Carl-Hanser-Verlag, 1988

89. Richardson, E.R.

Atlas of craniofacial growth in Americans of African's descent. Center for Human Growth and Development. Craniofacial Growth Monograph Serie 1991

90. Riedel, R.A.

The relation of maxillary structures to cranium in malocclusion and in normal occlusion. Angle Orthod. 1952; 22: 142-145

91. Robertson, N.

An examination of treatment changes in children treated with the function regulator of FRÄNKEL, Am J Orthod 1983; 83 (4): 299 310

92. Rotenberg, M.; Lodter, C.

Kieferorthopädische Therapie der Klasse III bei progenem Zwangsgebiss. IOK 1997; 29: 13-21

93. Rottstahl, J.

Zur Differentialdiagnose und Prognose der unechten Progenie. Fortschr. Kieferorthop. 22 (1961), 493-502

94. Sakamoto, T.; Iwase, I.; Uka, A.; Nakamura, S.

A roentgenocephalometric study of skeletal changes during and after chin cup treatment. Am J Orthod 1984; 85: 341-350

95. Sanborn, R.T.

Differences Between the facial skeletal patterns of class III malocclusion. The Angle Orthodontist: 1955 Vol. 25, No. 4, pp. 208 222.

96. Sato, S.

Entstehung und orthodontische Behandlung der Klasse-III-Malokklusion. Inf. Orthod. Kieferorthop. 2005; 37: 87-99.

97. Schlömer, F.

Die Beurteilung der Stellung oberer und unterer Inzisivi mit Hilfe von „Normwerten“ verschiedener kephalometrischer Analyseverfahren. Frankfurt/Main: Med. Diss., 1986

98. Schmuth, G.P.F.

Die Problematik der Untersuchung von Wachstums- und Entwicklungsstörungen des Unterkiefers, Vortrag anlässlich der wissenschaftlichen Jahrestagung der deutschen Gesellschaft für Kieferorthopädie in Erlangen 1972. Fortschr. Kieferorthop. 1973; 34: 161-165

99. Schopf, P.

Frühsymptome der progenen Entwicklung. Fortschr. Kieferorthop. 1971; 32: 437-451

100. Schopf, P.

Frühsymptome der progenen Entwicklung im Fernröntgenbild. Fortschr. Kieferorthop. 1980; 41: 47-55

101. Schopf, P.

Kephalometrische „Normwerte“ für die Stellung der Inzisivi - eine mögliche Ursache für den Mißerfolg kieferorthopädischer Behandlungen? Fortschr. Kieferorthop. 1988; 49: 37-47

102. Schudy, F.F.

Vertical growth versus anteroposterior growth as related to function and treatment, Angle Orthodontist, 1964; 34, 75-93

103. Schulze, C.; Wiese, W.

Zur Vererbung der Progenie. Fortschr. Kieferorthop. 1965; 26: 213-229

104. Schulze, C.

Zur Ätiologie der Progenie. Fortschr. Kieferorthop. 1979; 40: 87-98

105. Schulze, C.

Lehrbuch der Kieferorthopädie. Bd. 3. Quintessenz, Berlin 1982, S. 259-280

106. Segner, D.; Hasund, A.

Individualisierte Kephalometrie. Hamburg: Hansa Dont. Verlag, 1991

107. Segner, D.; Hasund, A.

Individualisierte Kephalometrie. Hamburg: Dietmar Segner Verlag und Vertrieb, 1998

108. Stahl, F.; Grabowski, R.; Gaebel, M.; Kundt, G.

Relationship between occlusal findings and orofacial myofunctional status in primary and mixed dentition. Part II: Prevalence of orofacial dysfunctions, Orofac Orthop. 2007 Mar;68 (2):74-90

109. Stahl, F.; Grabowski, R.

Kephalometrische, tensoranalytische und visuelle Analyse des Gesichtsschädelwachstums bei unbehandelten Probanden mit regelrechter Gebissentwicklung vom 7. bis 18. Lebensjahr. Habilitationsschrift zur Erlangung des akademischen Grades „Dr. habil.“ Der Medizinischen Fakultät der Universität Rostock.

110. Steiner, C.

Cephalometrics for you and me. Am J Orthod. 1953; 39, 729 755

111. Steiner, C.

The use of cephalometrics as an aid to planning and assessing orthodontic treatment, Am J Orthod. 1960; 46, 721

112. Striegel, M.

Untersuchungen zur myofunktionellen Reaktion des Kauorgans auf die chirurgische Korrektur von mandibulären Progenien und Retrognathien. Nürnberg: Med. Diss., 1996

113. Stiles, K.A.; Luke, J.E.

The inheritance of malocclusions due to mandibular prognathism. J. Hered. 44 (1953), 241-245

114. Tammoscheit, U.G.

Kieferorthopädie I. In: Praxis der Zahnheilkunde 11. Urban & Schwarzenberg, 1990: 80-88

115. Ten Have, T.R.

A comparison of three appliance systems in the treatment of Class III malocclusion. Eur J Orthod 1988; 10:203-14

116. Tollaro, I.; Baccetti, T.; Franchi, L.

Mandibular skeletal changes induced by early functional treatment of class III malocclusions: A superimposition study, Am J Orthod. 1995 Nov; 108 (5): 525 532

117. Tränkmann, J.; Rixe, K.

Nachuntersuchung dyskinesiebedingter Dysgnathien nach myofunktioneller Therapie. Fortschr. Kieferorthop. 1995; 56: 67-76

118. Ülgen, M.; Firatli, S.

The effect of the Fränkel's function regulator on the Class III malocclusion. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1994; 105:561-7

119. Weise, W.

Über die Beziehung zwischen Muskelfunktion und Kieferwinkelgröße bei progenen Erscheinungsformen. Fortschr. Kieferorthop. 1963; 24: 81-89

120. Wilhelm-Nold, I.; Droschl, H.

Die Frühbehandlung der Progenie im Milchgebiss im Vergleich zur Behandlung im Wechselgebiss. Fortschr. Kieferorthop. 51 (1990), 165-179

ANHANG

Tabellenanhang

4.2.1. Vergleich der Progeniegruppen unter einander und mit der Kontrollgruppe

4.2.1.1. Vertikale Analyse zur 1. Untersuchung

Parameter	Horizontale Progenie		Vertikale Progenie		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
NSBa (°)	133,8	6,7	132,6	4,1	0,591
NL-NSL (°)	9,2	2,9	7,4	3,1	0,127
ML-NSL (°)	31,8	3,2	37,4	3,6	0,000
ML-NL (°)	22,6	2,1	30,0	3,3	0,000
ArGoMe (°)	125,4	5,2	134,0	3,4	0,000
NGoMe (°)	70,4	3,5	76,7	2,7	0,000
FHR (%)	64,6	2,6	61,6	3,1	0,010
Index (%)	89,6	10,3	79,7	7,6	0,015

Tab. 26: Vertikale Analyse der Progeniegruppe zur 1.Untersuchung

Parameter	Vertikale Progenie		Kontrollgruppe		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
NSBa (°)	132,6	4,1	131,16	4,60	0,231
NL-NSL (°)	7,4	3,1	6,59	3,43	0,38
ML-NSL (°)	37,4	3,6	33,85	4,11	0,001
ML-NL (°)	30,0	3,3	27,29	4,07	0,01
ArGoMe (°)	134,0	3,4	127,8	5,25	0,001
NGoMe (°)	76,7	2,7	73,19	3,26	0,001
FHR (%)	61,6	3,1	64,87	3,45	0,001
Index (%)	79,7	7,6	81,66	5,7	0,206

Tab. 27: Vertikale Analyse der Gegenüberstellung der Gruppe V und der Gruppe K zur 1.Untersuchung

Parameter	Horizontale Progenie		Kontrollgruppe		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
NSBa (°)	133,8	6,7	131,16	4,60	0,069
NL-NSL (°)	9,2	2,9	6,59	3,43	0,014
ML-NSL (°)	31,8	3,2	33,85	4,11	0,109
ML-NL (°)	22,6	2,1	27,29	4,07	0,001
ArGoMe (°)	125,4	5,2	127,8	5,25	0,149
NGoMe (°)	70,4	3,5	73,19	3,26	0,006
FHR (%)	64,6	2,6	64,87	3,45	0,825
Index (%)	89,6	10,3	81,66	5,7	0,001

Tab. 28: Vertikale Analyse der Gegenüberstellung der Gruppe H und der Gruppe K zur 1.Untersuchung

4.2.1.2. Vertikale Analyse zur 2. Untersuchung

Parameter	Horizontale Progenie		Vertikale Progenie		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
NSBa (°)	132,8	6,1	131,8	4,6	0,667
NL-NSL (°)	9,3	4,2	8,1	3,8	0,426
ML-NSL (°)	29,3	4,4	37,0	5,7	0,001
ML-NL (°)	20,0	4,0	29,0	5,6	0,000
ArGoMe (°)	121,3	4,7	131,7	5,9	0,000
NGoMe (°)	70,0	3,6	78,4	4,3	0,000
FHR (%)	67,7	3,9	63,2	4,5	0,011
Index (%)	90,2	11,1	79,7	6,5	0,013

Tab. 29: Vertikale Analyse der beiden Progeniegruppen zur 2.Untersuchung

Parameter	Vertikale Progenie		Kontrollgruppe		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
NSBa (°)	131,8	4,6	130,83	4,62	0,44
NL-NSL (°)	8,1	3,8	7,15	3,52	0,354
ML-NSL (°)	37,0	5,7	31,56	4,68	0,001
ML-NL (°)	29,0	5,6	24,41	5,08	0,002
ArGoMe (°)	131,7	5,9	125	6,47	0,001
NGoMe (°)	78,4	4,3	72,54	4,07	0,001
FHR (%)	63,2	4,5	67,4	3,9	0,001
Index (%)	79,7	6,5	83,02	6,58	0,206

Tab. 30: Vertikale Analyse der Gegenüberstellung der Gruppe V und der Gruppe K zur 2.Untersuchung

Parameter	Horizontale Progenie		Kontrollgruppe		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
NSBa (°)	132,8	6,1	130,83	4,62	0,214
NL-NSL (°)	9,3	4,2	7,15	3,52	0,06
ML-NSL (°)	29,3	4,4	31,56	4,68	0,138
ML-NL (°)	20,0	4,0	24,41	5,08	0,007
ArGoMe (°)	121,3	4,7	125	6,47	0,073
NGoMe (°)	70,0	3,6	72,54	4,07	0,05
FHR (%)	67,7	3,9	67,4	3,9	0,789
Index (%)	90,2	11,1	83,02	6,58	0,002

Tab. 31: Vertikale Analyse der Gegenüberstellung der Gruppe H und der Gruppe K zur 2.Untersuchung

4.2.1.3. Vertikale Analyse zur 3. Untersuchung

Parameter	Horizontale Progenie		Vertikale Progenie		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
NSBa (°)	131,1	6,1	132,3	4,9	0,588
NL-NSL (°)	8,3	3,6	8,5	3,3	0,906
ML-NSL (°)	27,8	3,7	36,3	5,4	0,000
ML-NL (°)	19,4	3,7	27,8	6,0	0,000
ArGoMe (°)	120,2	5,0	130,6	6,6	0,000
NGoMe (°)	69,3	3,0	78,1	4,9	0,000
FHR (%)	69,1	3,2	63,9	4,3	0,001
Index (%)	88,1	11,3	79,5	7,8	0,044

Tab. 32: Vertikale Analyse der beiden Progeniegruppen zur 3. Untersuchung

Parameter	Vertikale Progenie		Kontrollgruppe		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
NSBa (°)	132,3	4,9	131,01	4,16	0,259
NL-NSL (°)	8,5	3,3	7,17	3,18	0,13
ML-NSL (°)	36,3	5,4	29,47	4,93	0,001
ML-NL (°)	27,8	6,0	22,31	5,57	0,001
ArGoMe (°)	130,6	6,6	121,33	7,66	0,001
NGoMe (°)	78,1	4,9	71,32	5,02	0,001
FHR (%)	63,9	4,3	69,5	4,04	0,001
Index (%)	79,5	7,8	79,85	6,66	0,852

Tab. 33: Vertikale Analyse der Gegenüberstellung der Gruppe V und der Gruppe K zur 3. Untersuchung

Parameter	Horizontale Progenie		Kontrollgruppe		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
NSBa (°)	131,1	6,1	131,01	4,16	0,94
NL-NSL (°)	8,3	3,6	7,17	3,18	0,26
ML-NSL (°)	27,8	3,7	29,47	4,93	0,28
ML-NL (°)	19,4	3,7	22,31	5,57	0,102
ArGoMe (°)	120,2	5,0	121,33	7,66	0,639
NGoMe (°)	69,3	3,0	71,32	5,02	0,197
FHR (%)	69,1	3,2	69,5	4,04	0,738
Index (%)	88,1	11,3	79,85	6,66	0,001

Tab. 34: Vertikale Analyse der Gegenüberstellung der Gruppe H und der Gruppe K zur 3. Untersuchung

4.2.1.4. Sagittale Analyse zur 1. Untersuchung

Parameter	Horizontale Progenie		Vertikale Progenie		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
SNA (°)	79,6	4,2	78,0	2,9	0,304
SNB (°)	78,8	4,4	78,3	2,9	0,709
ANB (°)	0,5	1,8	-0,3	1,9	0,292
WITS (mm)	-3,9	2,4	-4,8	1,6	0,303
SNPg (°)	79,3	4,1	77,5	2,8	0,303

Tab. 35: Sagittale Analyse der beiden Progeniegruppen zur 1.Untersuchung

Parameter	Vertikale Progenie		Kontrollgruppe		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
SNA (°)	78,0	2,9	82,04	3,86	0,001
SNB (°)	78,3	2,9	77,88	3,38	0,651
ANB (°)	-0,3	1,9	4,16	2,04	0,001
WITS (mm)	-4,8	1,6	-0,04	2,19	0,001
SNPg (°)	77,5	2,8	77,8	3,37	0,752

Tab. 36: Sagittale Analyse der Gegenüberstellung der Gruppe V und der Gruppe K zur 1.Untersuchung

Parameter	Horizontale Progenie		Kontrollgruppe		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
SNA (°)	79,6	4,2	82,04	3,86	0,044
SNB (°)	78,8	4,4	77,88	3,38	0,366
ANB (°)	0,5	1,8	4,16	2,04	0,001
WITS (mm)	-3,9	2,4	-0,04	2,19	0,001
SNPg (°)	79,3	4,1	77,8	3,37	0,168

Tab. 37: Sagittale Analyse der Gegenüberstellung der Gruppe H und der Gruppe K zur 1.Untersuchung

4.2.1.5. Sagittale Analyse zur 2. Untersuchung

Parameter	Horizontale Progenie		Vertikale Progenie		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
SNA (°)	80,8	4,3	78,3	4,4	0,161
SNB (°)	80,9	4,9	78,7	4,0	0,238
ANB (°)	-0,1	2,3	-0,4	1,9	0,733
WITS (mm)	-4,2	2,7	-5,3	2,1	0,281
SNPg (°)	82,2	5,0	79,4	4,2	0,136

Tab. 38: Sagittale Analyse der beiden Progeniegruppen zur 2. Untersuchung

Parameter	Vertikale Progenie		Kontrollgruppe		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
SNA (°)	78,3	4,4	83,16	4,03	0,001
SNB (°)	78,7	4,0	79,58	3,4	0,339
ANB (°)	-0,4	1,9	3,58	2,18	0,001
WITS (mm)	-5,3	2,1	0,21	2,37	0,001
SNPg (°)	79,4	4,2	80,07	3,37	0,461

Tab. 39: Sagittale Analyse der Gegenüberstellung der Gruppe V und der Gruppe K zur 2. Untersuchung

Parameter	Horizontale Progenie		Kontrollgruppe		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
SNA (°)	80,8	4,3	83,16	4,03	0,068
SNB (°)	80,8	4,9	79,58	3,4	0,278
ANB (°)	-0,1	2,3	3,58	2,18	0,001
WITS (mm)	-4,2	2,7	0,21	2,37	0,001
SNPg (°)	82,2	5,0	80,07	3,37	0,066

Tab. 40: Sagittale Analyse der Gegenüberstellung der Gruppe H und der Gruppe K zur 2. Untersuchung

4.2.1.6. Sagittale Analyse zur 3. Untersuchung

Parameter	Horizontale Progenie		Vertikale Progenie		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
SNA (°)	80,8	4,1	78,0	3,8	0,086
SNB (°)	81,7	4,7	78,7	3,9	0,109
ANB (°)	-0,9	2,0	-0,8	2,1	0,902
WITS (mm)	-5,4	2,7	-5,8	2,9	0,733
SNPg (°)	83,5	4,7	79,9	3,9	0,053

Tab. 41: Sagittale Analyse der beiden Progeniegruppen zur 3. Untersuchung

Parameter	Vertikale Progenie		Kontrollgruppe		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
SNA (°)	78,0	3,8	82,68	3,91	0,001
SNB (°)	78,7	3,9	80,36	3,1	0,072
ANB (°)	-0,8	2,1	2,34	2,07	0,001
WITS (mm)	-5,8	2,9	0	2,26	0,001
SNPg (°)	79,9	3,9	81,57	2,95	0,054

Tab. 42: Sagittale Analyse der Gegenüberstellung der Gruppe V und der Gruppe K zur 3. Untersuchung

Parameter	Horizontale Progenie		Kontrollgruppe		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
SNA (°)	80,8	4,1	82,68	3,91	0,135
SNB (°)	81,7	4,7	80,36	3,1	0,228
ANB (°)	-0,9	2,0	2,34	2,07	0,001
WITS (mm)	-5,4	2,7	0	2,26	0,001
SNPg (°)	83,5	4,7	81,57	2,95	0,068

Tab. 43: Sagittale Analyse der Gegenüberstellung der Gruppe H und der Gruppe K zur 3. Untersuchung

4.2.1.7. Metrische Analyse zur 1. Untersuchung

Parameter (mm)	Horizontale Progenie		Vertikale Progenie		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
SN	67,6	3,8	64,6	4,3	0,074
OK-Länge	44,0	2,1	41,5	2,4	0,009
OK-Länge soll	47,3	2,3	45,2	2,7	0,010
UK-Länge	70,8	4,4	63,9	5,5	0,001
UK-Länge soll	71,0	3,8	67,8	5,0	0,035

Tab. 44: Metrische Analyse der beiden Progeniegruppen zur 1. Untersuchung

Parameter (mm)	Vertikale Progenie		Kontrollgruppe		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
SN	64,6	4,3	63,48	2,82	0,131
OK-Länge	41,5	2,4	42,84	2,4	0,036
OK-Länge soll	45,2	2,7	44,44	2,35	0,076
UK-Länge	63,9	5,5	64,54	4,07	0,562
UK-Länge soll	67,8	5,0	66,65	3,3	0,46

Tab. 45: Metrische Analyse der Gegenüberstellung der Gruppe V und der Gruppe K zur 1. Untersuchung

Parameter (mm)	Horizontale Progenie		Kontrollgruppe		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
SN	67,6	3,8	63,48	2,82	0,001
OK-Länge	44,0	2,1	42,84	2,4	0,124
OK-Länge soll	47,3	2,3	44,44	2,35	0,046
UK-Länge	70,8	4,4	64,54	4,07	0,001
UK-Länge soll	71,0	3,8	66,65	3,3	0,005

Tab. 46: Metrische Analyse der Gegenüberstellung der Gruppe H und der Gruppe K zur 1. Untersuchung

4.2.1.8. Metrische Analyse zur 2. Untersuchung

Parameter (mm)	Horizontale Progenie		Vertikale Progenie		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
SN	72,2	4,8	69,7	3,4	0,155
OK-Länge	48,4	2,7	45,2	2,7	0,005
OK-Länge soll	50,5	3,0	48,8	2,6	0,012
UK-Länge	81,1	5,4	74,2	6,4	0,005
UK-Länge soll	75,8	4,7	73,2	5,1	0,037

Tab. 47: Metrische Analyse der beiden Progeniegruppen zur 2. Untersuchung

Parameter (mm)	Vertikale Progenie		Kontrollgruppe		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
SN	69,7	3,4	67,03	3,37	0,004
OK-Länge	45,2	2,7	46,08	2,67	0,211
OK-Länge soll	48,8	2,6	46,9	2,1	0,11
UK-Länge	74,2	6,4	72,62	5,72	0,337
UK-Länge soll	73,2	5,1	70,38	4,7	0,14

Tab. 48: Metrische Analyse der Gegenüberstellung der Gruppe V und der Gruppe K zur 2. Untersuchung

Parameter (mm)	Horizontale Progenie		Kontrollgruppe		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
SN	72,2	4,8	67,03	3,37	0,001
OK-Länge	48,4	2,7	46,08	2,67	0,008
OK-Länge soll	50,5	3,0	46,9	2,1	0,019
UK-Länge	81,1	5,4	72,62	5,72	0,001
UK-Länge soll	75,8	4,7	70,38	4,7	0,001

Tab. 49: Metrische Analyse der Gegenüberstellung der Gruppe H und der Gruppe K zur 2. Untersuchung

4.2.1.9. Metrische Analyse zur 3. Untersuchung

Parameter (mm)	Horizontale Progenie		Vertikale Progenie		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
SN	74,0	4,6	71,5	3,8	0,158
OK-Länge	49,1	1,9	45,9	3,8	0,008
OK-Länge soll	51,8	2,1	50,1	2,6	0,015
UK-Länge	84,5	4,3	77,0	6,5	0,001
UK-Länge soll	77,7	4,2	75,1	6,3	0,044

Tab. 50: Metrische Analyse der beiden Progeniegruppen zur 3. Untersuchung

Parameter (mm)	Vertikale Progenie		Kontrollgruppe		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
SN	71,5	3,8	70,78	3,74	0,47
OK-Länge	45,9	3,8	48,38	3,35	0,009
OK-Länge soll	50,1	2,6	49,55	3,1	0,233
UK-Länge	77,0	6,5	80,31	5,42	0,036
UK-Länge soll	75,1	6,3	74,32	5,2	0,311

Tab. 51: Metrische Analyse der Gegenüberstellung der Gruppe V und der Gruppe K zur 3. Untersuchung

Parameter (mm)	Horizontale Progenie		Kontrollgruppe		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
SN	74,0	4,6	70,78	3,74	0,011
OK-Länge	49,1	1,9	48,38	3,35	0,462
OK-Länge soll	51,8	2,1	49,55	3,1	0,039
UK-Länge	84,5	4,3	80,31	5,42	0,017
UK-Länge soll	77,7	4,2	74,32	5,2	0,022

Tab. 52: Metrische Analyse der Gegenüberstellung der Gruppe H und der Gruppe K zur 3. Untersuchung

4.2.1.10. Dentale Analyse zur 1. Untersuchung

Parameter	Horizontale Progenie		Vertikale Progenie		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
OK1-NSL (°)	101,4	8,8	99,7	7,1	0,596
OK1-NA (°)	22,1	7,0	21,7	7,3	0,886
OK1-NA (mm)	2,3	2,7	2,0	2,4	0,778
UK1-ML (°)	89,8	6,8	84,4	6,6	0,048
UK1-NB (°)	20,5	7,0	20,1	7,0	0,884
UK1-NB (mm)	2,2	2,1	2,2	1,9	0,995
Interinzisalwinke (°)	137,0	10,4	138,5	11,2	0,716

Tab. 53: Dentale Analyse der beiden Progeniegruppen zur 1. Untersuchung

Parameter	Vertikale Progenie		Kontrollgruppe		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
OK1-NSL (°)	99,7	7,1	102	0,0	0,001
OK1-NA (°)	21,7	7,3	22	0,0	0,626
OK1-NA (mm)	2,0	2,4	4	0,0	0,001
UK1-ML (°)	84,4	6,6	90	0,0	0,001
UK1-NB (°)	20,1	7,0	24	0,0	0,001
UK1-NB (mm)	2,2	1,9	4	0,0	0,001
Interinzisalwinke I(°)	138,5	11,2	133	0,0	0,001

Tab. 54: Dentale Analyse der Gegenüberstellung der Gruppe V und der Gruppe K zur 1. Untersuchung

Parameter	Horizontale Progenie		Kontrollgruppe		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
OK1-NSL (°)	101,4	8,8	102	0,0	0,492
OK1-NA (°)	22,1	7,0	22	0,0	0,944
OK1-NA (mm)	2,3	2,7	4	0,0	0,007
UK1-ML (°)	89,8	6,8	90	0,0	0,83
UK1-NB (°)	20,5	7,0	24	0,0	0,001
UK1-NB (mm)	2,2	2,1	4	0,0	0,005
Interinzisalwinkel (°)	137,0	10,4	133	0,0	0,005

Tab. 55: Dentale Analyse der Gegenüberstellung der Gruppe H und der Gruppe K zur 1. Untersuchung

4.2.1.11. Dentale Analyse zur 2. Untersuchung

Parameter	Horizontale Progenie		Vertikale Progenie		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
OK1-NSL (°)	105,6	8,2	105,1	7,8	0,878
OK1-NA (°)	24,9	6,5	26,9	5,8	0,428
OK1-NA (mm)	4,2	2,4	5,6	2,5	0,165
UK1-ML (°)	87,7	7,6	84,8	5,6	0,292
UK1-NB (°)	17,9	8,2	20,5	4,6	0,351
UK1-NB (mm)	1,9	2,2	3,1	1,5	0,174
Interinzisalwinkel (°)	137,3	11,5	133,0	7,5	0,289

Tab. 56: Dentale Analyse der beiden Progeniegruppen zur 2. Untersuchung

Parameter	Vertikale Progenie		Kontrollgruppe		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
OK1-NSL (°)	105,1	7,8	102	0	0,002
OK1-NA (°)	26,9	5,8	22	0	0,001
OK1-NA (mm)	5,6	2,5	4	0	0,006
UK1-ML (°)	84,8	5,6	90	0	0,001
UK1-NB (°)	20,5	4,6	24	0	0,001
UK1-NB (mm)	3,1	1,5	4	0	0,075
Interinzisalwinkel (°)	133,0	7,5	133	0	0,976

Tab. 57: Dentale Analyse der Gegenüberstellung der Gruppe V und der Gruppe K zur 2. Untersuchung

Parameter	Horizontale Progenie		Kontrollgruppe		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
OK1-NSL (°)	105,6	8,2	102	0	0,001
OK1-NA (°)	24,9	6,5	22	0	0,002
OK1-NA (mm)	4,2	2,4	4	0	0,709
UK1-ML (°)	87,7	7,6	90	0	0,027
UK1-NB (°)	17,9	8,2	24	0	0,001
UK1-NB (mm)	1,9	2,2	4	0	0,002
Interinzisalwinkel (°)	137,3	11,5	133	0	0,014

Tab. 58: Dentale Analyse der Gegenüberstellung der Gruppe H und der Gruppe K zur 2. Untersuchung

4.2.1.12. Dentale Analyse zur 3. Untersuchung

Parameter	Horizontale Progenie		Vertikale Progenie		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
OK1-NSL (°)	108,3	7,3	106,6	5,4	0,508
OK1-NA (°)	27,5	5,7	28,6	4,9	0,613
OK1-NA (mm)	5,5	2,6	6,8	2,5	0,205
UK1-ML (°)	87,3	9,2	84,6	7,2	0,441
UK1-NB (°)	16,7	9,2	19,7	5,4	0,339
UK1-NB (mm)	1,9	2,8	3,6	1,5	0,095
Interinzisalwinkel (°)	136,7	11,7	132,5	7,8	0,309

Tab. 59: Dentale Analyse der beiden Progeniegruppen zur 3. Untersuchung

Parameter	Vertikale Progenie		Kontrollgruppe		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
OK1-NSL (°)	106,6	5,4	102	0	0,001
OK1-NA (°)	28,6	4,9	22	0	0,001
OK1-NA (mm)	6,8	2,5	4	0	0,001
UK1-ML (°)	84,6	7,2	90	0	0,001
UK1-NB (°)	19,7	5,4	24	0	0,001
UK1-NB (mm)	3,6	1,5	4	0	0,445
Interinzisalwinkel (°)	132,5	7,8	133	0	0,676

Tab. 60: Dentale Analyse der Gegenüberstellung der Gruppe V und der Gruppe K zur 3. Untersuchung

Parameter	Horizontale Progenie		Kontrollgruppe		p-Wert
	MW	SD	MW	SD	
OK1-NSL (°)	108,3	7,3	102	0	0,001
OK1-NA (°)	27,5	5,7	22	0	0,001
OK1-NA (mm)	5,5	2,6	4	0	0,031
UK1-ML (°)	87,3	9,2	90	0	0,02
UK1-NB (°)	16,7	9,2	24	0	0,001
UK1-NB (mm)	1,9	2,8	4	0	0,003
Interinzisalwinkel (°)	136,7	11,7	133	0	0,038

Tab. 61: Dentale Analyse der Gegenüberstellung der Gruppe H und der Gruppe K zur 3. Untersuchung

4.3. Ergebnisse der Tensoranalyse

4.3.1. Ergebnisse der Tensoranalyse für das Dreieck S.N.A

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Horizontale Progenie	MW	1,11	1,10	0,22	0,07	42,26	47,74
	SD	0,07	0,07	0,11	0,04	34,31	34,31
Vertikale Progenie	MW	1,12	1,12	0,26	0,11	44,60	45,40
	SD	0,09	0,10	0,14	0,05	33,47	33,47
p-Wert		0,418	0,540	0,697	0,053	0,861	0,861

Tab. 62: Tensoranalyse für das Dreieck S.N.A der beiden Progeniegruppen zur 2. Untersuchung

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Horizontale Progenie	MW	1,13	1,13	0,29	0,07	44,06	45,94
	SD	0,06	0,08	0,12	0,04	31,85	31,85
Vertikale Progenie	MW	1,13	1,17	0,32	0,12	35,15	54,85
	SD	0,09	0,10	0,15	0,05	31,30	31,30
p-Wert		0,441	0,062	0,517	0,054	0,477	0,477

Tab. 63: Tensoranalyse für das Dreieck S.N.A der beiden Progeniegruppen zur 3. Untersuchung

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Horizontale Progenie	MW	1,11	1,10	0,22	0,07	42,26	47,74
	SD	0,07	0,07	0,11	0,04	34,31	34,31
Kontrollgruppe	MW	1,09	1,14	0,25	0,12	41,14	48,86
	SD	0,05	0,11	0,09	0,06	31,26	31,26
p-Wert		0,418	0,540	0,697	0,053	0,926	0,926

Tab. 64: Tensoranalyse für das Dreieck S.N.A, Gegenüberstellung der Gruppe H und der Gruppe K zur 2. Untersuchung

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Horizontale Progenie	MW	1,13	1,13	0,29	0,07	44,06	45,94
	SD	0,06	0,08	0,12	0,04	31,85	31,85
Kontrollgruppe	MW	1,11	1,21	0,34	0,12	20,08	69,93
	SD	0,05	0,08	0,09	0,06	22,19	22,20
p-Wert		0,441	0,062	0,517	0,054	0,022	0,022

Tab. 65: Tensoranalyse für das Dreieck S.N.A, Gegenüberstellung der Gruppe H und der Gruppe K zur 3. Untersuchung

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Vertikale Progenie	MW	1,12	1,12	0,26	0,11	44,60	45,40
	SD	0,09	0,10	0,14	0,05	33,47	33,47
Kontrollgruppe	MW	1,09	1,14	0,25	0,12	41,14	48,86
	SD	0,05	0,11	0,09	0,06	31,26	31,26
p-Wert		0,418	0,540	0,697	0,053	0,748	0,748

Tab. 66: Tensoranalyse für das Dreieck S.N.A, Gegenüberstellung der Gruppe V und der Gruppe K zur 2. Untersuchung

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Vertikale Progenie	MW	1,13	1,17	0,32	0,12	35,15	54,85
	SD	0,09	0,10	0,15	0,05	31,30	31,30
Kontrollgruppe	MW	1,11	1,21	0,34	0,12	20,08	69,93
	SD	0,05	0,08	0,09	0,06	22,19	22,20
p-Wert		0,441	0,062	0,517	0,054	0,106	0,106

Tab. 67: Tensoranalyse für das Dreieck S.N.A, Gegenüberstellung der Gruppe V und der Gruppe K zur 3. Untersuchung

4.3.2. Ergebnisse der Tensoranalyse für das Dreieck S.Spp.A

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Horizontale Progenie	MW	1,10	1,15	0,27	0,07	53,55	36,45
	SD	0,05	0,08	0,14	0,03	23,04	23,04
Vertikale Progenie	MW	1,07	1,19	0,28	0,14	57,99	32,01
	SD	0,07	0,13	0,17	0,11	25,04	25,04
p-Wert		0,298	0,393	0,934	0,057	0,645	0,645

Tab. 68: Tensoranalyse für das Dreieck S.Spp.A der beiden Progeniegruppen zur 2. Untersuchung

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Horizontale Progenie	MW	1,12	1,21	0,35	0,09	48,39	41,61
	SD	0,05	0,08	0,12	0,05	19,40	19,40
Vertikale Progenie	MW	1,11	1,19	0,32	0,17	48,36	41,64
	SD	0,09	0,16	0,20	0,11	25,47	25,47
p-Wert		0,934	0,293	0,451	0,053	0,997	0,997

Tab. 69: Tensoranalyse für das Dreieck S.Spp.A der beiden Progeniegruppen zur 3. Untersuchung

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Horizontale Progenie	MW	1,10	1,15	0,27	0,07	53,55	36,45
	SD	0,05	0,08	0,14	0,03	23,04	23,04
Kontrollgruppe	MW	1,07	1,20	0,29	0,14	46,07	43,93
	SD	0,05	0,08	0,08	0,08	21,52	21,52
p-Wert		0,298	0,393	0,934	0,057	0,369	0,369

Tab. 70: Tensoranalyse für das Dreieck S.Spp.A, Gegenüberstellung der Gruppe H und der Gruppe K zur 2. Untersuchung

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Horizontale Progenie	MW	1,12	1,21	0,35	0,09	48,39	41,61
	SD	0,05	0,08	0,12	0,05	19,40	19,40
Kontrollgruppe	MW	1,11	1,26	0,39	0,17	43,48	46,52
	SD	0,06	0,12	0,14	0,10	23,04	23,04
p-Wert		0,934	0,293	0,451	0,053	0,557	0,557

Tab. 71: Tensoranalyse für das Dreieck S.Spp.A, Gegenüberstellung der Gruppe H und der Gruppe K zur 3. Untersuchung

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Vertikale Progenie	MW	1,07	1,19	0,28	0,14	57,99	32,01
	SD	0,07	0,13	0,17	0,11	25,04	25,04
Kontrollgruppe	MW	1,07	1,20	0,29	0,14	46,07	43,93
	SD	0,05	0,08	0,08	0,08	21,52	21,52
p-Wert		0,298	0,393	0,934	0,057	0,129	0,129

Tab. 72: Tensoranalyse für das Dreieck S.Spp.A, Gegenüberstellung der Gruppe V und der Gruppe K zur 2. Untersuchung

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Vertikale Progenie	MW	1,11	1,19	0,32	0,17	48,36	41,64
	SD	0,09	0,16	0,20	0,11	25,47	25,47
Kontrollgruppe	MW	1,11	1,26	0,39	0,17	43,48	46,52
	SD	0,06	0,12	0,14	0,10	23,04	23,04
p-Wert		0,934	0,293	0,451	0,053	0,556	0,556

Tab. 73: Tensoranalyse für das Dreieck S.Spp.A, Gegenüberstellung der Gruppe V und der Gruppe K zur 3. Untersuchung

4.3.3. Ergebnisse der Tensoranalyse für das Dreieck S.Spp.Ba

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Horizontale Progenie	MW	1,11	1,08	0,20	0,12	43,43	46,57
	SD	0,12	0,05	0,15	0,06	28,35	28,35
Vertikale Progenie	MW	1,18	1,10	0,30	0,10	38,61	51,39
	SD	0,09	0,05	0,12	0,05	24,69	24,69
p-Wert		0,092	0,737	0,120	0,078	0,643	0,643

Tab. 74: Tensoranalyse für das Dreieck S.Spp.Ba der beiden Progeniegruppen zur 2. Untersuchung

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Horizontale Progenie	MW	1,16	1,10	0,28	0,11	39,45	50,55
	SD	0,09	0,08	0,15	0,06	30,31	30,31
Vertikale Progenie	MW	1,20	1,14	0,37	0,10	44,37	45,63
	SD	0,09	0,08	0,15	0,05	28,68	28,68
p-Wert		0,063	0,571	0,149	0,121	0,672	0,672

Tab. 75: Tensoranalyse für das Dreieck S.Spp.Ba der beiden Progeniegruppen zur 3. Untersuchung

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Horizontale Progenie	MW	1,11	1,08	0,20	0,12	43,43	46,57
	SD	0,12	0,05	0,15	0,06	28,35	28,35
Kontrollgruppe	MW	1,18	1,09	0,28	0,14	44,94	45,06
	SD	0,07	0,11	0,14	0,06	22,61	22,61
p-Wert		0,092	0,737	0,120	0,078	0,870	0,870

Tab. 76: Tensoranalyse für das Dreieck S.Spp.Ba, Gegenüberstellung der Gruppe H und der Gruppe K zur 2. Untersuchung

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Horizontale Progenie	MW	1,16	1,10	0,28	0,11	39,45	50,55
	SD	0,09	0,08	0,15	0,06	30,31	30,31
Kontrollgruppe	MW	1,24	1,12	0,38	0,15	35,94	54,06
	SD	0,07	0,11	0,14	0,08	23,43	23,43
p-Wert		0,063	0,571	0,149	0,121	0,725	0,725

Tab. 77: Tensoranalyse für das Dreieck S.Spp.Ba, Gegenüberstellung der Gruppe H und der Gruppe K zur 3. Untersuchung

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Vertikale Progenie	MW	1,18	1,10	0,30	0,10	38,61	51,39
	SD	0,09	0,05	0,12	0,05	24,69	24,69
Kontrollgruppe	MW	1,18	1,09	0,28	0,14	44,94	45,06
	SD	0,07	0,11	0,14	0,06	22,61	22,61
p-Wert		0,092	0,737	0,120	0,078	0,422	0,422

Tab. 78: Tensoranalyse für das Dreieck S.Spp.Ba, Gegenüberstellung der Gruppe V und der Gruppe K zur 2. Untersuchung

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Vertikale Progenie	MW	1,20	1,14	0,37	0,10	44,37	45,63
	SD	0,09	0,08	0,15	0,05	28,68	28,68
Kontrollgruppe	MW	1,24	1,12	0,38	0,15	35,94	54,06
	SD	0,07	0,11	0,14	0,08	23,43	23,43
p-Wert		0,063	0,571	0,149	0,121	0,345	0,345

Tab. 79: Tensoranalyse für das Dreieck S.Spp.Ba, Gegenüberstellung der Gruppe V und der Gruppe K zur 3. Untersuchung

4.3.4. Ergebnisse der Tensoranalyse für das Dreieck Ar.Go.Me

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Horizontale Progenie	MW	1,14	1,28	0,47	0,13	43,02	46,98
	SD	0,07	0,17	0,29	0,08	14,75	14,75
Vertikale Progenie	MW	1,17	1,23	0,44	0,12	42,34	47,66
	SD	0,08	0,16	0,26	0,06	24,80	24,80
p-Wert		0,583	0,480	0,873	0,074	0,936	0,936

Tab. 80: Tensoranalyse für das Dreieck Ar.Go.Me der beiden Progeniegruppen zur 2. Untersuchung

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Horizontale Progenie	MW	1,20	1,39	0,67	0,17	46,00	44,00
	SD	0,07	0,16	0,27	0,08	17,47	17,47
Vertikale Progenie	MW	1,22	1,32	0,61	0,16	52,32	37,68
	SD	0,10	0,17	0,28	0,07	26,10	26,10
p-Wert		0,740	0,069	0,170	0,091	0,490	0,490

Tab. 81: Tensoranalyse für das Dreieck Ar.Go.Me der beiden Progeniegruppen zur 3. Untersuchung

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Horizontale Progenie	MW	1,14	1,28	0,47	0,13	43,02	46,98
	SD	0,07	0,17	0,29	0,08	14,75	14,75
Kontrollgruppe	MW	1,15	1,29	0,47	0,18	33,54	56,46
	SD	0,07	0,14	0,16	0,10	26,27	26,27
p-Wert		0,583	0,480	0,873	0,074	0,279	0,279

Tab. 82: Tensoranalyse für das Dreieck Ar.Go.Me, Gegenüberstellung der Gruppe H und der Gruppe K zur 2. Untersuchung

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Horizontale Progenie	MW	1,20	1,39	0,67	0,17	46,00	44,00
	SD	0,07	0,16	0,27	0,08	17,47	17,47
Kontrollgruppe	MW	1,22	1,45	0,77	0,23	30,10	59,90
	SD	0,09	0,15	0,21	0,11	24,33	24,33
p-Wert		0,740	0,069	0,170	0,091	0,068	0,068

Tab. 83: Tensoranalyse für das Dreieck Ar.Go.Me, Gegenüberstellung der Gruppe H und der Gruppe K zur 3. Untersuchung

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Vertikale Progenie	MW	1,17	1,23	0,44	0,12	42,34	47,66
	SD	0,08	0,16	0,26	0,06	24,80	24,80
Kontrollgruppe	MW	1,15	1,29	0,47	0,18	33,54	56,46
	SD	0,07	0,14	0,16	0,10	26,27	26,27
p-Wert		0,583	0,480	0,873	0,074	0,308	0,308

Tab. 84: Tensoranalyse für das Dreieck Ar.Go.Me, Gegenüberstellung der Gruppe V und der Gruppe K zur 2. Untersuchung

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Vertikale Progenie	MW	1,22	1,32	0,61	0,16	52,32	37,68
	SD	0,10	0,17	0,28	0,07	26,10	26,10
Kontrollgruppe	MW	1,22	1,45	0,77	0,23	30,10	59,90
	SD	0,09	0,15	0,21	0,11	24,33	24,33
p-Wert		0,740	0,069	0,170	0,091	0,014	0,014

Tab. 85: Tensoranalyse für das Dreieck Ar.Go.Me, Gegenüberstellung der Gruppe V und der Gruppe K zur 3. Untersuchung

4.3.5. Ergebnisse der Tensoranalyse für das Dreieck Ar.Spp.Go

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Horizontale Progenie	MW	1,18	1,11	0,31	0,12	50,25	39,75
	SD	0,13	0,09	0,19	0,08	30,02	30,02
Vertikale Progenie	MW	1,16	1,17	0,35	0,17	43,16	46,84
	SD	0,09	0,11	0,17	0,23	25,58	25,58
p-Wert		0,827	0,394	0,795	0,836	0,516	0,516

Tab. 86: Tensoranalyse für das Dreieck Ar.Spp.Go der beiden Progeniegruppen zur 2. Untersuchung

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Horizontale Progenie	MW	1,24	1,17	0,45	0,15	47,10	42,90
	SD	0,12	0,13	0,21	0,08	33,69	33,69
Vertikale Progenie	MW	1,22	1,22	0,49	0,16	51,54	38,46
	SD	0,13	0,15	0,24	0,06	31,08	31,08
p-Wert		0,944	0,627	0,904	0,692	0,728	0,728

Tab. 87: Tensoranalyse für das Dreieck Ar.Spp.Go der beiden Progeniegruppen zur 3. Untersuchung

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Horizontale Progenie	MW	1,18	1,11	0,31	0,12	50,25	39,75
	SD	0,13	0,09	0,19	0,08	30,02	30,02
Kontrollgruppe	MW	1,16	1,14	0,32	0,13	50,36	39,64
	SD	0,11	0,10	0,17	0,08	25,57	25,57
p-Wert		0,827	0,394	0,795	0,836	0,991	0,991

Tab. 88: Tensoranalyse für das Dreieck Ar.Spp.Go, Gegenüberstellung der Gruppe H und der Gruppe K zur 2. Untersuchung

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Horizontale Progenie	MW	1,24	1,17	0,45	0,15	47,10	42,90
	SD	0,12	0,13	0,21	0,08	33,69	33,69
Kontrollgruppe	MW	1,22	1,21	0,48	0,17	42,54	47,46
	SD	0,16	0,12	0,23	0,09	35,08	35,08
p-Wert		0,944	0,627	0,904	0,692	0,730	0,730

Tab. 89: Tensoranalyse für das Dreieck Ar.Spp.Go, Gegenüberstellung der Gruppe H und der Gruppe K zur 3. Untersuchung

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Vertikale Progenie	MW	1,16	1,17	0,35	0,17	43,16	46,84
	SD	0,09	0,11	0,17	0,23	25,58	25,58
Kontrollgruppe	MW	1,16	1,14	0,32	0,13	50,36	39,64
	SD	0,11	0,10	0,17	0,08	25,57	25,57
p-Wert		0,827	0,394	0,795	0,836	0,402	0,402

Tab. 90: Tensoranalyse für das Dreieck Ar.Spp.Go, Gegenüberstellung der Gruppe V und der Gruppe K zur 2. Untersuchung

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Vertikale Progenie	MW	1,22	1,22	0,49	0,16	51,54	38,46
	SD	0,13	0,15	0,24	0,06	31,08	31,08
Kontrollgruppe	MW	1,22	1,21	0,48	0,17	42,54	47,46
	SD	0,16	0,12	0,23	0,09	35,08	35,08
p-Wert		0,944	0,627	0,904	0,692	0,432	0,432

Tab. 91: Tensoranalyse für das Dreieck Ar.Spp.Go, Gegenüberstellung der Gruppe V und der Gruppe K zur 3. Untersuchung

4.3.6. Ergebnisse der Tensoranalyse für das Dreieck Spp.A.B

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Horizontale Progenie	MW	1,11	1,03	0,14	0,14	37,47	52,53
	SD	0,08	0,08	0,10	0,08	27,23	27,23
Vertikale Progenie	MW	1,14	1,10	0,24	0,22	31,13	58,87
	SD	0,12	0,26	0,30	0,20	25,81	25,81
p-Wert		0,268	0,931	0,095	0,245	0,545	0,545

Tab. 92: Tensoranalyse für das Dreieck Spp.A.B der beiden Progeniegruppen zur 2. Untersuchung

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Horizontale Progenie	MW	1,16	1,03	0,20	0,13	39,49	50,51
	SD	0,06	0,07	0,10	0,08	25,12	25,12
Vertikale Progenie	MW	1,18	1,11	0,31	0,22	33,28	56,72
	SD	0,11	0,26	0,31	0,18	26,62	26,62
p-Wert		0,077	0,986	0,327	0,204	0,548	0,548

Tab. 93: Tensoranalyse für das Dreieck Spp.A.B der beiden Progeniegruppen zur 3. Untersuchung

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Horizontale Progenie	MW	1,11	1,03	0,14	0,14	37,47	52,53
	SD	0,08	0,08	0,10	0,08	27,23	27,23
Kontrollgruppe	MW	1,17	1,05	0,22	0,16	47,34	42,66
	SD	0,08	0,09	0,11	0,08	25,66	25,66
p-Wert		0,268	0,931	0,095	0,245	0,319	0,319

Tab. 94: Tensoranalyse für das Dreieck Spp.A.B, Gegenüberstellung der Gruppe H und der Gruppe K zur 2. Untersuchung

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Horizontale Progenie	MW	1,16	1,03	0,20	0,13	39,49	50,51
	SD	0,06	0,07	0,10	0,08	25,12	25,12
Kontrollgruppe	MW	1,24	1,06	0,30	0,20	45,25	44,75
	SD	0,09	0,09	0,11	0,09	22,33	22,33
p-Wert		0,077	0,986	0,327	0,204	0,520	0,520

Tab. 95: Tensoranalyse für das Dreieck Spp.A.B, Gegenüberstellung der Gruppe H und der Gruppe K zur 3. Untersuchung

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Vertikale Progenie	MW	1,14	1,10	0,24	0,22	31,13	58,87
	SD	0,12	0,26	0,30	0,20	25,81	25,81
Kontrollgruppe	MW	1,17	1,05	0,22	0,16	47,34	42,66
	SD	0,08	0,09	0,11	0,08	25,66	25,66
p-Wert		0,27	0,93	0,10	0,25	0,07	0,07

Tab. 96: Tensoranalyse für das Dreieck Spp.A.B, Gegenüberstellung der Gruppe V und der Gruppe K zur 2. Untersuchung

		D1	D2	Größenänderung	Formänderung	Alpha	Beta
Vertikale Progenie	MW	1,18	1,11	0,31	0,22	33,28	56,72
	SD	0,11	0,26	0,31	0,18	26,62	26,62
Kontrollgruppe	MW	1,24	1,06	0,30	0,20	45,25	44,75
	SD	0,09	0,09	0,11	0,09	22,33	22,33
p-Wert		0,08	0,99	0,33	0,20	0,16	0,16

Tab. 97: Tensoranalyse für das Dreieck Spp.A.B, Gegenüberstellung der Gruppe V und der Gruppe K zur 3. Untersuchung

Danksagung

Mein ganz besonderer Dank gilt Frau Prof. Dr. Rosemarie Grabowski für die Unterstützung und geduldige Betreuung nicht nur bei dieser Arbeit.

Frau PD. Dr. Franka Stahl de Castrillon möchte ich für die Weiterentwicklung des Analyseprogramms ROTA (Rostocker Tensor Analyse), aber auch für die persönliche Unterstützung herzlich danken.

Mich bedanken möchte ich außerdem bei Herrn Dr. Helfried Kopp für die Hilfe bei sämtlichen Computerproblemen und Tips gerade in der schwierigen Anfangsphase dieser Arbeit und die Unterstützung bei meiner Fachzahnarztausbildung.

Ferner danke ich Herrn Prof. Dr. Günter Kundt für die vielfachen Beratungen und großzügige Übernahme der statistischen Bearbeitung.

Herrn Dr. York Brune und Herrn Dr. Sebastian Beetke danke ich für die Erstellung und Überlassung des Datenmaterials.

Schließlich danke ich meinen lieben Eltern, meiner lieben Frau und meiner lieben Tochter für die stete Unterstützung, ohne die diese Arbeit nicht möglich wäre.

Selbständigkeitserklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die angereicherte Dissertation selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Die benutzten Werke und wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen sind als solche kenntlich gemacht.

Mohamed Nasef

Rostock, 04.11.2008

Lebenslauf

Persönliche Angaben	Name:	Nasef
	Vorname:	Mohamed
	Geburtsdatum:	06.09.1970
	Geburtsort:	Tripolis, Libyen
	Staatsangehörigkeit:	deutsch
	Familienstand:	verheiratet, 1 Kind
Schulausbildung	1975-1987	Grundschule und Gymnasium in Tripolis
	1987	Reifezeugnis
Studium	1989-1992	Medizinstudium in Tripolis
	1992-1996	Zahnmedizinstudium in Tripolis
	1996	Examen (BDS, Bachelor of dental surgery)
	10/2002-07/2004	Zahnmedizinstudium an der Universität Rostock; (7. bis 10. Semester)
	16.03.2004	deutsche Gleichwertigkeitsprüfung bei der ZÄK Nordrhein, Düsseldorf
APPROBATIONSURKUNDE vom 02.07.2004, ausgestellt durch das Sozialministerium Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin		
Beruflicher Werdegang	1996-1997	Zahnmedizinisches Klinikum Benghazi, Libyen
	1998-2001	angestellter Zahnarzt bei Sirte Oil Company, Family Clinic, Brega, Libyen
	08.01.-31.05.02	Praktikum in der Zahnarztpraxis Dr. Grimm, Bonn
	Okt.2004-Okt.2007	Weiterbildungsassistent in der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universität Rostock
	seit 28.11.2007	Fachzahnarzt für Kieferorthopädie, wissenschaftlicher Assistent in der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universität Rostock

Rostock, 04.11.2008

Thesen

1. Zielstellung der vorliegenden Arbeit ist es, die Auswirkungen der Behandlung von Progeniefällen mit dem Funktionsregler Typ III nicht nur in der sagittalen, sondern auch in der vertikalen Dimension zu überprüfen. Die nachhaltige Wirkung und die Stabilität des Behandlungsergebnisses, in dem eine Nachkontrolle zwei Jahre nach Ende der aktiven Behandlungsphase durchgeführt wird, sollte dabei untersucht werden. Außerdem sollten die Aussagemöglichkeiten der metrischen Kephalometrie durch eine alternative Analyse, die Rostocker Tensor Analyse (ROTA), überprüft werden.
2. 27 ausschließlich mit dem Funktionsregler Typ III behandelte Patienten stellten die Untersuchungsgruppe dar. Je nach Wachstumsmuster erfolgte die Unterteilung der Untersuchungsgruppe in einer vertikalen und einer horizontalen Progeniegruppe.
3. Als Kontrollgruppe dienten 31 gleichaltrige Patienten aus der Längsschnittuntersuchung von Klink-Heckmann. Diese Probanden besaßen eine regelrechte Gebissentwicklung, ein neutrales Wachstumsmuster und eine skelettale Klasse I.
4. Von jedem untersuchten Probanden mussten drei Fernröntgenaufnahmen vorliegen: vor Beginn der Behandlung (7,6 J), zum Ende der aktiven Behandlung (13,6 J), sowie zwei Jahre danach (Nachkontrolle).
5. Die Fernröntgenaufnahmen wurden mittels zweier unterschiedlicher Verfahren (die metrische Kephalometrie und die Tensoranalyse) ausgewertet.
6. Sowohl die Patienten der horizontalen Progeniegruppe, als auch die der vertikalen Progeniegruppe erfuhren im Laufe der Behandlung mit dem Funktionsregler Typ III eine anteriore Rotation des Unterkiefers und eine Abflachung der Okklusionsebene.
7. Die größere Längenzunahme des aufsteigenden Astes und damit die hintere Gesichtshöhe in der Gruppe V macht die differenzierte, von Wachstumsmuster abhängige Wirkung des Behandlungsmittels deutlich.

8. Während in der aktiven Behandlungsphase (1. bis 2. Untersuchung) eine vorwiegend auf das Oberkieferwachstum wirkende Entwicklung erzielt wurde, hat der Funktionsregler Typ III seine Wirkung, in Form von Wachstumshemmung, nach der aktiven Behandlung auf den Unterkiefer fortgesetzt.
9. Bei einer Progenie mit vertikalem Wachstumsmuster spielt das diffizitäre Oberkieferwachstum eine entscheidende Rolle bei der Entstehung der Anomalie. Eine horizontale Progenie weist extrem übermäßiges Wachstum des Unterkiefers auf. Der Funktionsregler Typ III konnte gezielt beide Formen der Progenie beeinflussen
10. Die Entwicklung des Gesichtsschädels und des Gebisses in den behandelten Gruppen ähnelte denen der Kontrollgruppe.
11. Das Problem aller kephalometrischen Analysen besteht in der Definition von „Normwerten“, anhand derer nur eine tendenzielle Orientierung möglich ist. Sie nehmen keinen Bezug zum spezifischen Wachstum bei einer skelettalen Klasse III.
12. Eine Fehlerquelle im Umgang mit herkömmlichen kephalometrischen Analysen ergibt sich aus der Verwendung von Referenzstrukturen, die als „wachstumsstabil“ angenommen werden.
13. Die Tensoranalyse zeigt deutliche Vorteile in der Quantifizierung von Wachstums- und Entwicklungsveränderungen.
14. Ein frühzeitiger Behandlungsbeginn (spätestens vor Abschluss des Schneidezahnwechsels im Oberkiefer) ist für die Behandlung von Progenien entscheidend.
15. Behandlungsdauer bis Ende des Wachstumsschubs des Unterkiefers sichert die Stabilität des Behandlungsergebnisses.
16. Zusammenfassend bewirkt der Funktionsregler Typ III eine sagittale Nachentwicklung der Maxilla, sowie eine sagittale Hemmung der Mandibula. Die geringen dentalen Kompensationen sind bezogen auf den Schweregrad der Anomalie vertretbar. Eine der

regelrechten Entwicklung ähnliche anteriore Rotation des Unterkiefers, Absenkung der Maxilla und Abflachung der Okklusionsebene sind weitere positive Wirkungen.